ROHDE&SCHWARZ

Unternehmensbereich
Meßgeräte und Meßsysteme

Beschreibung

LEISTUNGSMESSKOPF NRV-Z5

828.3818.02
828.3818.03

ENGLISH MANUAL FOLLOWS FIRST COLOURED DIVIDER

Printed in the Federal
Republic of Germany

1007.7307.34 - 1

ROHDE&SCHWARZ

ROHDE&SCHWARZ GmbH & Co. KG
W-8000 München 80 · Mühldorfstraße 15 · Postfach 80 14 69
Tel. (089) 41 29-0 · Int. +(49 89) 41 29-0
Telefax (089) 41 29-21 64 · Int. +(49 89) 41 29-21 64
Telex 5 23 703 (rs d) · Teletex 897 487 = RSD

ROHDE&SCHWARZ WERK KÖLN
Graf-Zeppelin-Straße 18 · Postfach 98 02 60
W-5000 Köln 90
Tel. (0 22 03) 49-0
Telefax (0 22 03) 49-308
Telex 8 874 525 (rsk d)

ROHDE&SCHWARZ WERK TEISNACH
Kaikenrieder Straße 27
W-8376 Teisnach
Tel. (0 99 23) 2 80
Telefax (0 99 23) 2 82 18

ROHDE&SCHWARZ MESSGERÄTEBAU GMBH
Riedbachstraße 58 · Postfach 16 52
W-8940 Memmingen/Allgäu
Tel. (0 83 31) 108-0
Telefax (0 83 31) 108-254
Telex 54 512 (mbmgn d)
Teletex 897 487 = RSD

ROHDE&SCHWARZ
ENGINEERING AND SALES GMBH
Tassiloplatz 7 · Postfach 80 14 29
W-8000 München 90
Tel. (0 89) 48 00 04-0
Telefax (0 89) 48 00 04-44
Telex 5 218 403 (rse d)

VERTRIEBSNIEDERLASSUNGEN

Ernst-Reuter-Platz 10
W-1000 Berlin 10
Tel. (0 30) 34 00 02-0
Telefax (0 30) 341 30 17
Telex 181 636 (rshb d)

Steilshooper Allee 47 · Postfach 602240
W-2000 Hamburg 60
Tel. (0 40) 63 29 00-0
Telefax (0 40) 630 78 70
Telex 2 173 748 (rsvh d)

Graf-Zeppelin-Straße 18 · Postfach 90 01 49
W-5000 Köln 90
Tel. (0 22 03) 2 10 46
Telefax (0 22 03) 29 30 32
Telex 8 874 444 (rsvc d)

Josef-Wirmer-Straße 1–3 · Postfach 14 02 64
W-5300 Bonn 1 (Hardtberg)
Tel. (02 28) 61 10 65
Telefax (02 28) 62 38 20
Telex 8 869 569 (rsvb d)

Herzogstraße 61
W-6078 Neu-Isenburg
Tel. (0 61 02) 3 30 36
Telefax (0 61 02) 3 14 57
Telex 4 185 641 (rstf d)

Rüppurrer Straße 84 · Postfach 52 29
W-7500 Karlsruhe 1
Tel. (07 21) 3 49 51
Telefax (07 21) 37 95 61
Telex 7 826 730 (rsvk d)

Berg-am-Laim-Straße 47 · Postfach 80 14 49
W-8000 München 80
Tel. (0 89) 41 86 95-0
Telefax (0 89) 40 47 64
Telex 524 960 (rsvm d)

Münchener Straße 342
W-8500 Nürnberg 50
Tel. (09 11) 8 67 47
Telefax (09 11) 86 99 31
Telex 626 535 (rsvn d)

Fetscherstraße 72
O-8019 Dresden
Tel. (Amt Dresden) 45 68-2 39
Telex 24 58 (pcc dd)

R&S INTERNATIONAL

		Telephone Telefax Telex
Argentina	INTERTEL S.A. Uruguay 239 – 7. Piso Oficinas G y H **1015 Buenos Aires**	(1) 403939 (1) 498780 17800 (inter ar)
Australia	ROHDE&SCHWARZ (AUSTRALIA) Pty. Ltd. 63 Parramatta Road **Silverwater**, N.S.W. 2141	(2) 7480155 (2) 7481836 26372 (randsa)
Austria	ROHDE&SCHWARZ-ÖSTERREICH Ges.m.b.H Sonnleithnergasse 20 **A-1100 Wien**	(1) 6026141 (1) 6026141-14 133933 (rsoe a)
Bangladesh	Business International Ltd. 146/A, New Bailey Rd., P.O.B. 727 **Dhaka-2**	(2) 408633 (2) 833650 65632 (bil bj)
Belgium	ROHDE&SCHWARZ BELGIUM N.V. Excelsiorlaan 31 Bus 1 **B-1930 Zaventem**	(2) 7209890 (2) 7250936 25306 (rs bel)
Brunei	Logistic Eng. & Maint. Serv. Ltd. Unit 112, 1st Fl., P.O.B. 298 Bangunan Gadong Kumbang Pasang Mile 2, Jalan Gadong **Bandar Seri Begawan**	(2) 21175 (2) 221175 2309 (lems bu)
Bulgaria	see Austria	
Brazil	ROHDE & SCHWARZ Precisão Eletrônica Ltda. Rua Geraldo Flausino Gomes, 42 1. Andar **04575 São Paulo – SP**	(11) 5427377 (11) 5315793
Canada	ROHDE&SCHWARZ CANADA INC. 555 March Rd. **Kanata, Ontario K2K 1X7**	(613) 5928000 (613) 5928009 —
Chile	Importadora Janssen y Cia. Ltda. Agustinas 2356 P.O.B. 13570, Correo 21 **Santiago de Chile**	(2) 6998021 (2) 726149 340489 (oroco ck)
China	ROHDE & SCHWARZ Representative Office Beijing Friendship-Hotel Building No. 4, Room 40429 3, Bai Shi Qiao Lu **Beijing, 100086**	(1) 8498668 (1) 8317685 222676 (rsbp cn)
Colombia	Hanseatica Cia. Ltda. Calle 15 No. 68 D-78, Ap. Aéreo 14467 **Bogotá** D.E.1	(1) 2923211, 2922153 (1) 2926614 44790 (hans co)
Cyprus	Chris Radiovision Ltd. 23 Crete St., P.O.B. 1989 **Nicosia**	(2) 466121 (2) 365177 2395 (radoviso cy)
Czecho-slovakia	ROHDE&SCHWARZ Österreich-Repräsentant: ZENIT Radlická 138 **CS-15000 Praha 5** ROHDE&SCHWARZ Österreich-Service: Drtinova 26 **CS-15000 Praha 5**	 (2) 536921 (2) 536293 121801 (zenb c) (2) 551094 (2) 551108 121801 (zenb c)
Denmark	ROHDE & SCHWARZ DANMARK A/S Herstedøstervej 27 – 29 **DK-2620 Albertslund**	(43) 436699 (43) 437744 —
Finland	Orbis Oy Vanha Kaarelantie 9 **SF-01610 Vantaa**	(80) 5664066 (80) 531604 123134 (orbis sf)
France	ROHDE&SCHWARZ FRANCE 46, rue de la Couture, Silic 190 **F-94563 Rungis Cédex** Agences Régionales: Tertia 2 **F-13763 Aix-les-Milles Cédex** 89, boulevard du Parc de l'Artillerie **F-69007 Lyon** 13, rue Claude Chappe Technopôle 2000 **F-57070 Metz** rue du Bignon Z.i. Sud-Est Immeuble Sigma i **F-35135 Chantepie** Voie 5 B.P. 501, Technoparc 3 **F-31324 Labège Cédex**	(1) 46872506 (1) 46870853 265759 (ruselec f) Tél.: (16) 42244337 Fax: (16) 42243770 Tél.: (16) 78585779 Fax: (16) 78695047 Tlx: 375106 Tél.: (16) 87203304 Fax: (16) 87203307 Tél.: (16) 99519700 Fax: (16) 99419131 Tél.: (16) 61391069 Fax: (16) 61399910

ROHDE&SCHWARZ

Zweikanal-Leistungsmesser NRV

100 kHz...18 GHz

IEC625Bus

IEEE 488

PD 756.4872.13

Zweikanal-Leistungsmesser NRV

100 kHz ... 18 GHz/400 pW ... 500 mW

- Höchste erreichbare Meßgenauigkeit durch absolut kalibrierte Meßköpfe
- Simultane Zweikanalmessung, Meßdauer kleiner als 2x Meßdauer der Einkanalmessung
- Uneingeschränkt austauschbare Leistungsmeßköpfe für 50 und 75 Ω
- Bis zu 20 Messungen pro Sekunde
- Meßgeschwindigkeit-Umschaltung
- Absolute oder relative Meßwertdarstellung
- PEP-Messung (Peak Envelope Power)
- In allen Funktionen fernsteuerbar

Der **Leistungsmesser NRV** ist ein breitbandiger, empfindlicher Leistungsmesser mit bisher unerreichter Vielseitigkeit und Genauigkeit. Je nach Meßkopf erstreckt sich der Frequenzbereich von 100 kHz bis 18 GHz und der Leistungsmeßbereich über insgesamt 91 dB. Die Tast- und Durchgangsköpfe des Millivoltmeters URV 5 sind ebenfalls ohne Beeinträchtigung der Fehlergrenzen am NRV anschließbar und erweitern die Anwendung von der belastungsarmen DC-Messung (DC-Probe) bis zur HF-Spannungs- und Durchgangsleistungsmessung an offenen und koaxialen Systemen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 2 GHz. Über IEC-Bus ist das Gerät in allen Funktionen fernsteuerbar.

Meßköpfe Die Meßköpfe sind durch ihre individuelle Kalibration ohne Beeinträchtigung der Fehlergrenzen austauschbar.

Leistungsmeßköpfe für unterschiedliche Impedanzen (50 Ω, 75 Ω) und Leistungsbereiche (400 pW... 500 mW)

Leistungsmeßköpfe

NRV-Z1	50 Ω, 1 nW ... 20 mW, 10 MHz ... 18 GHz
NRV-Z2	50 Ω, 100 nW ... 500 mW, 10 MHz ... 18 GHz; VSWR < 1,05 bis 4 GHz, < 1,2 bis 18 GHz, höchste Meßgenauigkeit durch minimale Anpaßfehler
NRV-Z3	75 Ω, 400 pW ... 13 mW, 1 MHz ... 2,5 GHz
NRV-Z4	50 Ω, 500 pW ... 20 mW, 100 kHz ... 6 GHz
NRV-Z5	50 Ω, 50 nW ... 500 mW, 100 kHz ... 6 GHz; VSWR < 1,05 bis 4 GHz, < 1,1 bis 6 GHz, höchste Meßgenauigkeit durch minimale Anpaßfehler

Die **Tast- und Durchgangsköpfe** des Millivoltmeters URV 5 erweitern den Anwendungsbereich für breitbandige HF- und DC-Spannungsmessungen. Es gelten hierfür die Spezifikationen des URV 5.

URV5-Z1 **DC-Probe**
0 ... 400 V, R_i = 9 MΩ ‖ 6 pF

URV5-Z7 **HF-Tastkopf**
200 µV ... 10 V, 20 kHz ... 1 GHz
mit umfangreichen Ergänzungen wie Vorsteckteiler, BNC-Adapter sowie 50- und 75-Ω-Adapter; Näheres siehe URV5-Datenblatt 394 801.

URV5-Z2 **10-V-Durchgangskopf**
200 µV ... 10 V, 9 kHz ... 2 GHz
HF-Spannungs- oder Leistungsmessung mit **kleinem Reflexionsfaktor** in koaxialen 50-Ω-Systemen; mit geeignetem Abschlußwiderstand: Leistungsmessung bis 2 W.

URV5-Z4 **100-V-Durchgangsköpfe, 50 und 75 Ω**
2 mV ... 100 V, 100 kHz ... 2 GHz
HF-Spannungs- oder Leistungsmessung in 50-(75-)Ω-Koaxialsystemen **bei höchsten Anforderungen an Reflexionsfaktor** oder für höhere Spannungen; mit geeignetem Abschlußwiderstand: Leistungsmessung bis 200 W (130 W).

EIGENSCHAFTEN

Meßwertanzeige An den NRV lassen sich wahlweise ein oder zwei Meßköpfe anschließen. Die Meßergebnisse beider Kanäle können getrennt, miteinander verrechnet oder auf einen beliebigen Referenzwert bezogen angezeigt werden. Vier verschiedene Einheiten der Anzeige sind wählbar:

Watt W
dBm, dBV
Volt V

Für die Anzeige in Volt bzw. in dBV wird automatisch der Impedanzwert des angeschlossenen Meßkopfes berücksichtigt. Für Umrechnungen kann jeder andere Impedanzwert von $Z = 10^{-4}$ bis 10^{+4} Ω eingegeben werden.

Ferner sind **vier verschiedene Umrechnungsarten,** jeweils intern auf einen Referenzwert oder extern auf den zweiten Meßkanal bezogen (A/Ref_A, B/Ref_B, A/B, B/A), möglich mit der Ergebnisdarstellung Δ, Δ%, ΔdB, X÷REF.

Wegen des großen Anzeigeumfangs werden die Einheiten wenn nötig mit Zehnerexponent in Dreierstufung angezeigt oder ausgegeben.

Tendenzanzeige Zum schnellen Erfassen von Meßwertänderungen hat der Leistungsmesser NRV eine Tendenzanzeige, die auch Abgleicharbeiten und Maxima-Minima-Einstellungen erleichtert.

Kurvenformbewertung Die Leistungsmeßköpfe NRV-Z1 bis -Z5 sind mit speziell zur Leistungsmessung entwickelten Diodendetektoren ausgestattet, die bei kleineren Leistungspegeln im quadratischen Bereich arbeiten und daher eine **echte Effektivwertmessung auch für verzerrte und gepulste Signale** ermöglichen.

Oberhalb einer Leistungsgrenze von etwa 10 µW bei NRV-Z1, NRV-Z3 und NRV-Z4 bzw. 1 mW bei NRV-Z2 und NRV-Z5 geht die Kurvenformbewertung allmählich zu einer Spitzenbewertung über, wobei die Kalibration in Effektivwert bei Sinusform erhalten bleibt. Nur bei stark verzerrten Signalen können bei höheren Pegeln zunehmend Meßfehler entstehen. Mit Hilfe von vorgeschalteten Dämpfungsgliedern kann der Meßbereich für echte Effektivbewertung beliebig nach oben verschoben werden, wobei die vorgeschaltete Dämpfung im Anzeigeergebnis mit der Funktion „Dämpfungskorrektur" eingerechnet werden kann.

PEP-Messung Die Taste PEAK (PEP) dient der Anzeige der maximalen Hüllkurvenleistung (Peak Envelope Power) eines modulierten Signals. Die Torzeit des µP-gestützten Scheitelwertmessers ist umschaltbar; damit können Modulationsfrequenzen bis herab zu 0,05 Hz verarbeitet werden.

Meßgeschwindigkeit Mit der Taste FILTER ist die Meßgeschwindigkeit in zwei Stufen – über Spezialfunktion oder IEC-Bus sogar in sechs Stufen – veränderbar. Damit läßt sich der NRV, besonders im empfindlichsten Meßbereich, an jede Meßaufgabe anpassen. Der Benutzer kann entscheiden, ob er bei höchster Meßgeschwindigkeit ein etwas höheres Anzeigerauschen in Kauf nimmt oder mit einer längeren Meßzeit eine beruhigte Anzeige erhält. Im getriggerten Meßbetrieb werden funktionsabhängige Einschwingzeiten intern berücksichtigt. Damit ist bereits der erste Meßwert auch bei Bereichsautomatik korrekt.

Frequenzgangkorrektur Jeder Meßkopf ist individuell kalibriert. Die Eingabe der Meßfrequenz über Tastatur oder IEC-Bus genügt, und der NRV berücksichtigt den jeweiligen Kalibrationsfaktor im Meßergebnis. Die Frequenzgangkorrektur ist mit der Taste FRQ CORR ein- und ausschaltbar (Näheres übernächste Seite).

Dämpfungskorrektur Der NRV berücksichtigt automatisch die Teilerfaktoren der Meßköpfe. Wird dem Meßkopf ein Teilerelement wie Vorsteckteiler oder Dämpfungsglied vorgeschaltet, so kann der Dämpfungswert eingegeben und durch Drücken der Taste ATT CORR im Meßergebnis berücksichtigt werden – Bereich der möglichen Eingaben: –199,99 bis +199,99 dB.

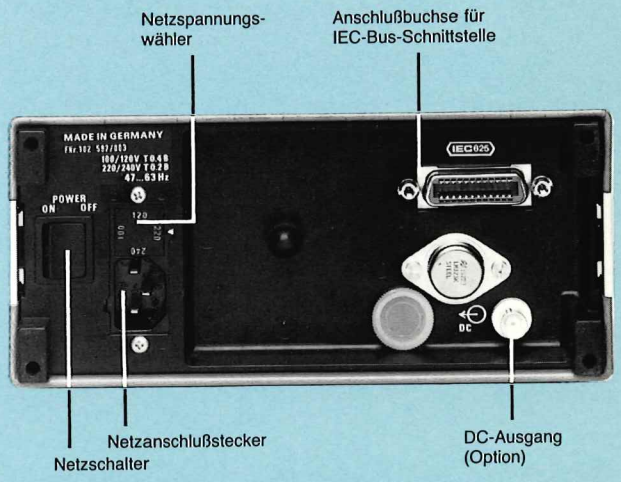
Meßbereichseinstellung Für das Einstellen des Meßbereichs gibt es drei Möglichkeiten

1. Automatische Bereichswahl
   – Taste AUTO eingeschaltet.
2. Festhalten des gewählten Meßbereichs
   –Taste AUTO ausgeschaltet.
3. Schrittweise Änderung des Meßbereichs durch Drücken der Tasten UP↑ und DOWN↓ – bei Betätigung dieser Tasten wird der Nennwert des neuen Meßbereichs kurz in das Display eingeblendet.

Zweitfunktionen In der Zweitfunktionsebene – nach Drükken der Taste SHIFT – stehen dem Benutzer eine Zehnertastatur zur Dateneingabe sowie nach Drücken der Taste SPEC **Spezialfunktionen** zur Verfügung wie

Anzeigetest,
Eingabe und Kontrolle der IEC-Bus-Adresse,
Referenzwerte nichtflüchtig speichern,
Wahl der Filter F0 bis F5,
Kalibrationsdatum/Kalibrationsprogramme,
Fehlermeldung,
Software-Überprüfung,
Referenzwertübernahme Kanal A in B und umgekehrt.

Option DC-Ausgang Dieser Ausgang liefert eine dem angezeigten Zahlenwert proportionale Gleichspannung. Die Skalierung kann dank der vielfältigen Umrechnungsmöglichkeiten des NRV linear oder logarithmisch sein.



Rückseitendetails

TECHNISCHE DATEN

Grundgerät NRV

Absolutfehler . . . . . ±0,3 % v.M.
Temperatureinfluß
18...28 °C . . . . . 0 (im Absolutfehler enthalten)
10...40 °C . . . . . ±0,5 % v.M.
0...50 °C . . . . . ±1% v.M.

Spitzenleistungsmessung PEAK (PEP)
Pulsbreite . . . . . etwa 200 µs...CW
Minimale Pulsfolgefrequenz:

Filter	0	1	2	3	4	5
f_{min}/Hz	0,05	0,25	1	5	25	100

Leistungsmeßkopf NRV-Z1

Leistungsmeßbereich . . . . . 1 nW...20 mW
Frequenzbereich . . . . . 10 MHz...18 GHz
Wellenwiderstand . . . . . 50 Ω
Belastbarkeit (AC+DC)
Mittelwert . . . . . 100 mW
Spitzenwert . . . . . 100 mW
Linearitätsfehler
(1 nW...20 mW bei 50 MHz) . . . . . ±0,4% v.M.
Nullpunktfehler [1] . . . . . ±0,1 nW

Meßgeschwindigkeit und Anzeigerauschen [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Displaywechsel [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Rechnerbetrieb [4]	15 s	3,6 s	1 s	260 ms	90 ms	52 ms
Rauschen in nW [5]	0,04	0,08	0,16	0,32	0,64	2

Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors [6]:
Leistungsbereich 1 nW...20 µW

f in GHz	0,01...0,1	>0,1...2	>2...4	>4...8	>8...18
Max. Fehler in %	3,6	4,9	6,0	8,3	11,5
Mittlerer quadr. Fehler (RSS) in %	1,6	2,1	2,6	3,8	5,6

Kalibrationsfrequenzen . . . . . etwa 40 Punkte von 0,01 bis 18 GHz; zwischen den Kalibrationsfrequenzen wird linear interpoliert. Durch die große Anzahl an Kalibrationspunkten sind Interpolationsfehler vernachlässigbar.

Zusatzfehler für Leistungen >20 µW

f in GHz	0,01...4	4...8	8...18
20 µW...2 mW	0 %	+2 % v.M.	+6 % v.M.
2...20 mW	0 %	+4 % v.M.	+12 % v.M.

Temperatureinfluß	max.	typ.
18...28 °C	1 %	0,3 %
10...40 °C	3 %	1 %
0...50 °C	7 %	2 %

Reflexionsfaktor, VSWR

f in GHz	0...0,001	0,001...1	1...2	2...4	4...18
r in %	5	3	6	12	17
VSWR	1,11	1,06	1,13	1,27	1,41

Leistungsmeßkopf NRV-Z2

Leistungsbereich . . . . . 100 nW...500 mW
Frequenzbereich . . . . . 10 MHz...18 GHz
Wellenwiderstand . . . . . 50 Ω
Belastbarkeit (AC + DC)
Mittelwert . . . . . 2 W
Spitzenwert . . . . . 10 W
Linearitätsfehler
(100 nW...500 mW bei 50 MHz) . . ±0,3 % v.M.
Nullpunktfehler [1] . . . . . ±10 nW

Meßgeschwindigkeit und Anzeigerauschen [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Displaywechsel [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Rechnerbetrieb [4]	15 s	3,6 s	1 s	260 ms	90 ms	52 ms
Rauschen in nW [5]	4	8	16	32	64	200

Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors [6]:
Leistungsbereich 100 nW...2 mW

f in GHz	0,01...0,1	>0,1...2	>2...4	>4...8	>8...12,4	>12,4...18
Max. Fehler in %	1,7	2,7	3,1	3,9	5,4	6,4
Mittlerer quadr. Fehler (RSS) in %	0,8	1,5	1,8	2,0	2,8	3,3

Kalibrationsfrequenzen . . . . . wie bei Leistungsmeßkopf NRV-Z1

Zusatzfehler für Leistungen >2 mW

f in GHz	0,01...4	4...8	8...18
2...200 mW	0 %	+2 % v.M.	+6 % v.M.
200...500 mW	0 %	+3,5 % v.M.	+10 % v.M.

Temperatureinfluß	max.	typ.
18...28 °C	1 %	0,3 %
10...40 °C	3 %	1 %
0...50 °C	7 %	2 %

Reflexionsfaktor, VSWR

f in GHz	0...4	4...8	8...12,4	12,4...18
r in %	2,4	4,8	7,0	9,1
VSWR	1,05	1,1	1,15	1,2

Leistungsmeßkopf NRV-Z3

Leistungsmeßbereich . . . . . 400 pW...13 mW
Frequenzbereich . . . . . 1 MHz...2,5 GHz
Wellenwiderstand . . . . . 75 Ω
Belastbarkeit (AC + DC)
Mittelwert . . . . . 70 mW
Spitzenwert . . . . . 70 mW
Linearitätsfehler
(400 pW...13 mW bei 50 MHz) . . . ±0,4 % v.M.
Nullpunktfehler [1] . . . . . ±40 pW

Meßgeschwindigkeit und Anzeigerauschen [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Displaywechsel [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Rechnerbetrieb [4]	15 s	3,6 s	1 s	260 ms	90 ms	52 ms
Rauschen in nW [5]	0,02	0,03	0,06	0,13	0,26	0,8

Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors [6]:
Leistungsbereich 400 pW...13 mW

f in GHz	0,001...0,1	>0,1...1	>1...2,5
Max. Fehler in %	4,1	5,1	5,7
Mittlerer quadr. Fehler (RSS) in %	1,1	1,6	2,0

Kalibrationsfrequenzen . . . . . 20 Punkte von 0,001 bis 2,5 GHz; zwischen den Kalibrationsfrequenzen wird linear interpoliert. Durch die große Anzahl an Kalibrationspunkten sind Interpolationsfehler vernachlässigbar.

Temperatureinluß

	max.	typ.
18...28 °C	1 %	0,3 %
10...40 °C	3 %	1 %
0...50 °C	7 %	2 %

Reflexionsfaktor, VSWR

f in GHz	0...0,001	0,001...1	1...2,5
r in %	7	5	9,1
VSWR	1,15	1,11	1,2

TECHNISCHE DATEN

Leistungsmeßkopf NRV-Z4

Leistungsmeßbereich	500 pW...20 mW
Frequenzbereich	100 kHz...6 GHz
Wellenwiderstand	50 Ω
Belastbarkeit (AC + DC)	
Mittelwert	100 mW
Spitzenwert	100 mW
Linearitätsfehler (500 pW...20 mW bei 50 MHz)	±0,4 % v.M.
Nullpunktfehler [1]	±50 pW

Meßgeschwindigkeit und Anzeigerauschen [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Displaywechsel [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Rechnerbetrieb [4]	15 s	3,6 s	1 s	260 ms	92 ms	54 ms
Rauschen in nW [5]	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	1

Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors [6]:
Leistungsbereich 500 pW...20 µW

f in GHz	0,0001...0,1	>0,1...2	>2...4	>4...6
Max. Fehler in %	2,4	3,4	4,2	5,9
Mittlerer quadr. Fehler (RSS) in %	0,8	1,5	1,8	2,2

Kalibrationsfrequenzen ..... etwa 30 Punkte von 0,0001 bis 6 GHz; zwischen den Kalibrationsfrequenzen wird linear interpoliert. Durch die große Anzahl an Kalibrationspunkten sind Interpolationsfehler vernachlässigbar.

Zusatzfehler für Leistungen >20 µW

f in GHz	0...1,5	1,5...3	3...6
20 µW...2 mW	0 %	+2 % v.M.	+6 % v.M.
2...20 mW	0 %	+4 % v.M.	+10 % v.M.

Temperatureinfluß	max.	typ.
18...28 °C	1 %	0,3 %
10...40 °C	3 %	1 %
0...50 °C	7 %	2 %

Reflexionsfaktor, VSWR

f in GHz	0...0,1	0,1...2	2...4	4...6
r in %	2,4	4,8	9,1	15
VSWR	1,05	1,1	1,2	1,35

Leistungsmeßkopf NRV-Z5

Leistungsmeßbereich	50 nW...500 mW
Frequenzbereich	100 kHz...6 GHz
Wellenwiderstand	50 Ω
Belastbarkeit (AC + DC)	
Mittelwert	2 W
Spitzenwert	10 W
Linearitätsfehler (50 nW...500 mW bei 50 MHz)	±0,3 % v.M.
Nullpunktfehler [1]	±5 nW

Meßgeschwindigkeit und Anzeigerauschen [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Displaywechsel [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Rechnerbetrieb [4]	15 s	3,6 s	1 s	260 ms	92 ms	54 ms
Rauschen in nW [5]	2	4	8	16	32	100

Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors [6]:
Leistungsbereich 50 nW...2 mW

f in GHz	0,0001...0,1	>0,1...2	>2...4	>4...6
Max. Fehler in %	1,7	2,6	3,0	4,0
Mittlerer quadr. Fehler (RSS) in %	0,8	1,4	1,7	1,9

Kalibrationsfrequenzen ..... etwa 30 Punkte von 0,0001 bis 6 GHz; zwischen den Kalibrationsfrequenzen wird linear interpoliert. Durch die große Anzahl an Kalibrationspunkten sind Interpolationsfehler vernachlässigbar.

Zusatzfehler für Leistungen >2 mW

f in GHz	0...1,5	1,5...3	3...6
2...200 mW	0 %	+2 % v.M.	+6 % v.M.
200...500 mW	0 %	+3,5 % v.M.	+8 % v.M.

Temperatureinfluß	max.	typ.
18...28 °C	1 %	0,3 %
10...40 °C	3 %	1 %
0...50 °C	7 %	2 %

Reflexionsfaktor, VSWR

f in GHz	0...4	4...6
r in %	2,4	4,8
VSWR	1,05	1,1

(alle Fehlerangaben beziehen sich auf die Meßwertanzeige in Watt bei 23 ±1 °C)

Allgemeine Daten

Betriebstemperaturbereich	0...+ 50 °C, Einsatzklasse 1 nach IEC 359 (keine Betauung)
Lagertemperaturbereich	−40...+70 °C
Stromversorgung	100/120/220/240 V ±10 %, 47...440 Hz (30 VA)
Abmessungen, Gewicht	
Grundgerät	241 mm x 110 mm x 340 mm, 4,4 kg
Meßköpfe	120 mm x 37 mm x 31 mm, 0,35 kg; Länge des Anschlußkabels 1,3 m
Option DC-Ausgang URV5-B2	
Innenwiderstand	1 kΩ
Ausgangsspannungsbereich (EMK)	−1,999...+1,999 V
Auflösung	1 mV (10 digit)
Fehler	±2 mV
Fernsteuerung	
Schnittstelle	IEC 625-1 (IEEE 488) zur Steuerung aller Gerätefunktionen
Schnittstellenfunktionen	SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, DC1, DT1, PP1

Bestellangaben

Bestellbezeichnung	▶ Zweikanal-Leistungsmesser NRV	828.2511.02
Option DC-Ausgang	URV5-B2	395.0112.02
Leistungsmeßkopf 20 mW, 50 Ω, 18 GHz	NRV-Z1	828.3018.02
Leistungsmeßkopf 500 mW, 50 Ω, 18 GHz	NRV-Z2	828.3218.02
Leistungsmeßkopf 13 mW, 75 Ω, 2,5 GHz	NRV-Z3	828.3418.02
Leistungsmeßkopf 20 mW, 50 Ω, 6 GHz	NRV-Z4	828.3618.02
Leistungsmeßkopf 500 mW, 50 Ω, 6 GHz	NRV-Z5	828.3818.02
Service- und Kalibrationskit	UZ-8	394.9968.02
19"-Gestelladapter	ZZA-12	079.0631.00

Für Meßköpfe mit 5 m Anschlußkabel jeweils Endziffern .03 anstelle von .02 angeben

[1] 1 h nach Nullabgleich, ±1 °C; Gerät 2 h eingelaufen.
[2] Beobachtungszeit 1 min, 2 Standardabweichungen, Temp. 18...28 °C.
[3] Bei freilaufender Messung. Bei getriggerter Messung keine Anzeige von Zwischenwerten.
[4] Zeitdifferenz vom Triggern bis zur Ausgabe des ersten Byte.
[5] Rauschleistung wird gemessen bei Filter 2, andere Werte sind berechnet.
[6] Frequenzgangkorrektur eingeschaltet, bei ausgeschalteter Frequenzgangkorrektur wird der Kalibrationsfaktor für 50 MHz angenommen.

ROHDE&SCHWARZ
GmbH & Co. KG. · D-8000 München 80 · Mühldorfstr. 15 · Tel. (089) 4129-0 · Telefax (089) 4129-2164 · Telex 523703
Printed in the Fed. Rep. of Germany · Änderungen vorbehalten · Daten ohne Toleranz: nur Größenordnung
389 (B we)

2.1 Meßprinzip

Der Meßkopf enthält als Hochfrequenz-Sensor zwei nach neuester Technologie gefertigte und in ihren physikalischen Eigenschaften stabile Zero-Bias-Schottky-Dioden mit einem vorgeschalteten 20-dB-Teiler. Ein solcher Detektor verhält sich im Leistungsbereich 50 nW...1 mW (0 dBm) genauso wie ein thermischer Leistungsmesser. Das Meßergebnis ist unabhängig von der Kurvenform, bei modulierten Signalen wird die mittlere Leistung angezeigt. Bei älteren Leistungsmessern mit Dioden war damit gleichzeitig die Obergrenze des Meßbereichs festgelegt. Mit den Leistungsmeßköpfen der NRV-Familie ist es nun gelungen, die nichtlineare Detektorkennlinie von 1 mW (0 dBm)... 500 mW (+27 dBm) zu linearisieren.

Die entsprechenden Kennwerte sind in einem Satz von Kalibrationsdaten enthalten, die bei der Fertigung - individuell für jeden Sensor - ermittelt und im zugehörigen Datenspeicher abgelegt werden. Obwohl in dem erweiterten Meßbereich - insbesondere an der oberen Grenze - zunehmend eine Spitzen- anstelle einer Effektivbewertung vorgenommen wird, kann auch dort ohne Einschränkung der Genauigkeit eine HF-Leistungsmessung durchgeführt werden, wenn einige Regeln beachtet werden. Das HF-Signal sollte möglichst spektralrein (geringer Anteil an Ober- und Nebenwellen) und - zum Messen des Leistungs-Mittelwerts - in der Amplitude nicht moduliert sein. Oberhalb von 1,5 GHz ist ein Zusatzfehler zu berücksichtigen (s. Techn. Daten), der durch die aussteuerungsabhängige Sperrschichtkapazität hervorgerufen wird.

Der meßkopfspezifische Datenspeicher enthält außer den oben erwähnten Linearitätskennwerten noch Korrekturwerte zur Temperaturkompensation sowie Kalibrationsfaktoren zur Frequenzgangkorrektur. Während die Temperaturkompensation automatisch durch zyklische Temperaturmessungen im Meßkopf abläuft, muß der Benutzer die Meßfrequenz eingeben (über Tastatur oder IEC-Bus), wenn die entsprechenden Kalibrationsfaktoren berücksichtigt werden sollen.

2.2 Anzeigeeinheit und Bezugsimpedanz (s.a. NRV-Beschreibung Abschnitt 2.3.5)

Der Benutzer kann das Meßergebnis absolut oder relativ (bezogen auf einen internen Referenzwert oder den jeweils anderen Kanal) ausgeben lassen. Die vier Absolutdarstellungen sind **W, dBm** und **V, dBV.** Die Umrechnung zwischen den ersten beiden Einheiten und der Spannung erfolgt über die Bezugsimpedanz Z_0 nach der Beziehung

$$\text{Spannung/V} = \sqrt{\text{Leistung/W} \cdot \text{Bezugsimpedanz}/\Omega} \qquad (2\text{-}1)$$

Die Bezugsimpedanz beträgt für den NRV-Z5 50 Ω und wird beim Einlesen des Datenspeichers in das Grundgerät übernommen. Der Wert kann über die Taste **RCL INP** angezeigt oder mit dem IEC-Bus-Befehl **Z1** in den Ausgabe-Puffer geschrieben werden (s. a. NRV-Beschreibung Abschnitte 2.3.5.6 und 2.4.3.2). Es muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß es sich bei der Bezugsimpedanz um den Nennwert des Abschlußwiderstands im Meßkopf handelt und nicht um den Istwert der Impedanz. Die angezeigte Spannung ist damit nicht die Spannung am Meßkopf, sondern der Effektivwert einer Welle mit der gemessenen Leistung in einem 50-Ω-System.

2.3 Meßgeschwindigkeit und Rauschen

Bei älteren Leistungsmessern besteht häufig ein Zusammenhang zwischen gemessener Leistung und Meßbandbreite. Je kleiner die Leistung wird, desto geringer wird die Bandbreite. Damit wird zwar das Rauschen reduziert, die Einschwingzeit aber erhöht und damit die nutzbare Meßgeschwindigkeit herabgesetzt. Dieser Zusammenhang ist im Handbetrieb äußerst nützlich, wirkt sich jedoch bei Fernsteuerung nachteilig aus. Eine Beschleunigung des Meßablaufs ist nicht möglich, auch wenn stärkeres Rauschen nicht stören würde. Zudem muß der Anwender selbst die notwendigen Wartezeiten festlegen, um eingeschwungene Meßergebnisse zu erhalten.

Beim NRV wurde ein anderes Konzept gewählt. Der Benutzer kann 6 verschiedene Filter über Tastatur oder IEC-Bus einstellen (s. a. NRV-Beschreibung Abschn. 2.3.8, 2.3.10, 2.4.3.1 und 2.4.3.2). Für jede dieser Einstellungen sind in den Techn. Daten Meßgeschwindigkeit und Rauschen spezifiziert.

Die Reaktionszeiten für den ferngesteuerten Betrieb am IEC-Bus gelten für getriggerte Messungen vom Trigger-Zeitpunkt bis zur Ausgabe des ersten Byte. Interne Einschwingzeiten sind darin bereits berücksichtigt, so daß man ein eingeschwungenes Meßergebnis erhält, wenn zum Trigger-Zeitpunkt das Meßsignal nicht mehr verändert wird. Damit das Gerät im LOCAL-Mode - insbesondere bei Einstellung FØ...F2 - nicht zu träge reagiert, werden dort Zwischenergebnisse angezeigt. Bei Filter FØ erscheint beispielsweise im LOCAL-Mode jede Sekunde ein neuer Meßwert - der Endwert wird jedoch bei einem Sprung des Meßsignals erst nach ca. 15 s angezeigt. Das Anzeigerauschen halbiert bzw. verdoppelt sich von einer Filter-Einstellung zur nächsten. In der Praxis hat es sich als sinnvoll erwiesen, mit der Taste **FILTER** zwischen den Einstellungen **F4** und **F2** (Taste FILTER leuchtet) zu wählen.

Bei Zweikanal-Messungen kann für jeden Kanal getrennt das Filter eingestellt werden. Durch eine Schachtelung der Meßvorgänge ist die gesamte Meßzeit geringer als die Summe der einzelnen Meßzeiten. Bei Einstellung **F2** beträgt die genaue Meßzeit z.B. 0,92 s bei Einkanal- und 1,65 s bei Zweikanal-Messung.

Da häufig nur in einem Kanal ein kleiner Pegel gemessen wird (für den geringes Anzeigerauschen verlangt wird), genügt es, nur in diesem Kanal mit F2 zu arbeiten und in dem anderen z.B. F4 einzustellen. Die gesamte Meßzeit beträgt dann nur 1,00 s!

Tabelle 2-1 zeigt die zulässigen Filter-Einstellungen für einen durch das Anzeigerauschen verursachten Fehler von max. 1 % (2 Standardabweichungen - s. a. Abschnitt 3.5).

Tabelle 2-1 Filter-Einstellungen für 1% Fehler durch Anzeigerauschen

	200 nW	400 nW	0,8 µW	1,6 µW	3,2 µW	10 µW	500 mW
FØ	x	x	x	x	x	x	x
F1		x	x	x	x	x	x
F2			x	x	x	x	x
F3				x	x	x	x
F4					x	x	x
F5							x

2.4 Nullabgleich (s.a. NRV-Beschreibung Abschn. 2.3.4)

Neben dem Rauschen kann beim Messen kleiner Leistungen ein additiver Offset - positiver oder negativer Polarität - das Meßergebnis verfälschen. Diese Störung wird i. a. durch Thermospannungen verursacht oder entsteht durch Schaltungs-Offsets im NRV. Unter normalen Bedingungen wird ein Wert von ±50 nW nicht überschritten, so daß ein Abgleich entfallen kann bei Leistungen oberhalb 5...50 µW. Der Nullabgleich wird ausgelöst durch Drücken der Taste **ZERO** oder IEC-Bus-Befehl **O1**. Der Abgleich dauert bei Filter-Einstellung F1...F5 ca. 4 s, bei Einstellung FØ 15 s. Während des Abgleichs leuchten im Display 4 Punkte auf, anschließend ist die Taste **ZERO** beleuchtet. Der verbleibende Offset darf max. ±5 nW bzw. ±2,5 nW bei FØ betragen. Durch nochmaliges Drücken der Taste **ZERO** oder IEC-Bus-Befehl **OØ** kann der Offset-Abgleich rückgängig gemacht werden. Prinzipiell kann der Offset-Abgleich jederzeit ausgelöst werden, jedoch sollte das Grundgerät mindestens eine Stunde eingelaufen und der Meßkopf etwa eine halbe Stunde angeschlossen sein, damit der Abgleich stabil bleibt. Zusätzlich ist folgendes zu beachten:

Meßkopf von der Signalquelle abtrennen oder HF-Leistung abschalten!

Nullabgleich nicht unmittelbar nach dem Messen größerer Leistungen!

Anschlußkabel des Meßkopfes beim Abgleich nicht bewegen!

2.5 Meßbereichseinstellung (s. a. NRV-Beschreibung Abschn. 2.3.7)

Der Benutzer wird i. a. vorteilhaft mit Bereichsautomatik arbeiten (Taste **AUTO** leuchtet). Bei manchen Anwendungen kann es sinnvoll sein, den Meßbereich festzuhalten (nur über Tastatur, Taste **AUTO**) oder einzustellen.

Über Tastatur erfolgt die Bereichswahl mit den Tasten **UP** ↑ und **DOWN** ↓, ferngesteuert mit den IEC-Bus-Befehlen RG1...RG3.

Der NRV arbeitet mit 20-dB-Bereichsstufen, die für den NRV-Z5 in Tabelle 2-2 definiert sind. Bei Bereichswahl oder -festhaltung über Tastatur wird kurz der neue Meßbereich - wie in Tabelle 2-2 dargestellt - im Display eingeblendet. Der angezeigte Wert entspricht der zur Nennleistung des jeweiligen Bereichs gehörenden Spannung nach Gleichung (2-1).

Tabelle 2-2 Meßbereiche

Meßbereichsnennwert	200 µW	20 mW	2 W
Anzeigeumfang	50 nW...290 µW	200 µW...29 mW	20...550 mW
IEC-Bus-Befehl	RG1	RG2	RG3
Anzeige im Display bei Bereichswahl über Tastatur	$100 \cdot 10^{-3}$	1	10

2.6 Frequenzgang-Korrektur

Für jeden Meßkopf zum NRV wird während der Fertigung bei einer Vielzahl von Kalibrationsfrequenzen (s. Techn. Daten) das Verhältnis zwischen angezeigter und zugeführter Leistung bestimmt - auch Kalibrationsfaktor genannt. Diese Faktoren sind im Datenspeicher des Meßkopfes gespeichert und werden vom Grundgerät während der Initialisierung eingelesen. Die Berücksichtigung von Kalibrationsfaktoren ist bei allen Konkurrenzfabrikaten sehr umständlich: Wert aus einem Diagramm ablesen, i.a. zusätzlich Interpolation. Dann Einstellen des Werts an einem Drehknopf des Grundgeräts oder numerische Eingabe. Beim NRV genügt die Eingabe der Meßfrequenz über Tastatur oder IEC-Bus (s. NRV-Beschreibung Abschn. 2.3.5.4, 2.3.9.1 und 2.4.3) **und** das Einschalten der Frequenzgangkorrektur über Taste **FRQ CORR** bzw. IEC-Bus-Befehl **KF1.**

Der NRV sucht dann selbsttätig die entsprechenden Kalibrationsfaktoren und interpoliert linear zwischen zwei Werten, wenn die eingegebene Frequenz zwischen zwei Kalibrationsfrequenzen liegt. Wurde eine Meßfrequenz eingegeben, die außerhalb des Bereichs der Kalibrationsfrequenzen liegt, wird der Kalibrationsfaktor, der zu dem entsprechenden Grenzwert gehört, berücksichtigt. Es findet keine Extrapolation statt.

Arbeitet der Benutzer ohne Frequenzgang-Korrektur (durch Drücken der Taste **FRQ CORR** bzw. IEC-Bus-Befehl **KFØ** - Taste erlischt), verwendet das Gerät automatisch den Kalibrationsfaktor bei **50 MHz.** Damit sind Messungen mit relativ geringem Zusatzfehler bis etwa 1 GHz möglich. R&S gibt für diesen Fehler in den Techn. Daten keine Werte an.

2.7 PEAK(PEP)-Messungen

Mit den Meßköpfen zum NRV lassen sich bei nicht zu schnellen Signalen Spitzenleistungs-Messungen durchführen. Nach Drücken der **Taste PEAK(PEP)** oder IEC-Bus-Befehl **E1** (Taste PEAK(PEP) beleuchtet) zeigt der NRV die Maximalleistung eines modulierten Signals an. Bei unmodulierter HF ergibt sich kein Unterschied in der Anzeige gegenüber der normalen Messung - vom Rauschen bei sehr kleinen Leistungen einmal abgesehen. Das Beobachtungsintervall des Scheitelwertmessers im NRV kann mit der Filtereinstellung umgeschaltet werden, so daß sich insbesondere bei FØ...F3 Signale mit sehr niedriger Pulsfolgefrequenz messen lassen (s. Techn. Daten Abschn. Spitzenleistungsmessung).

Die zulässige Pulsbreite bei getasteter HF (Bild 2-1) darf im Bereich von ca. 200 µs...CW liegen. Bedingt durch die Filterwirkung des Gleichrichters in den Meßköpfen sowie die endliche Bandbreite der Gleichspannungsverstärker im NRV ergeben sich insbesondere bei Pulsen geringer Breite Zusatzfehler (Bild 2-2). Die im Diagramm angegebenen Werte gelten für $t_p \ll T$, d.h. ein HF-Puls mit 200 µs Breite kann noch recht genau gemessen werden, auch wenn er nur alle 20 s auftritt (Filter FØ)! Bei größeren Leistungen und hoher Pulsfolgefrequenz ($T/2 \approx t_p$) treten stets kleinere Fehler als in Bild 2-2 angegeben auf (Spitzenbewertung des Gleichrichters, s. Abschn. 3.6). Es ist dadurch ohne weiteres möglich, Signale mit Pulsbreiten weit unterhalb von 200 µs zu messen.

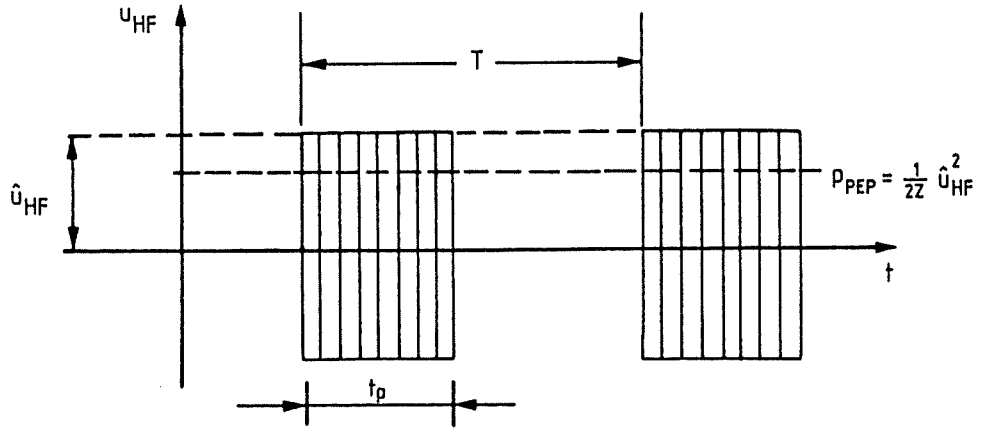


Bild 2-1 Pulsmodulierte HF-Spannung

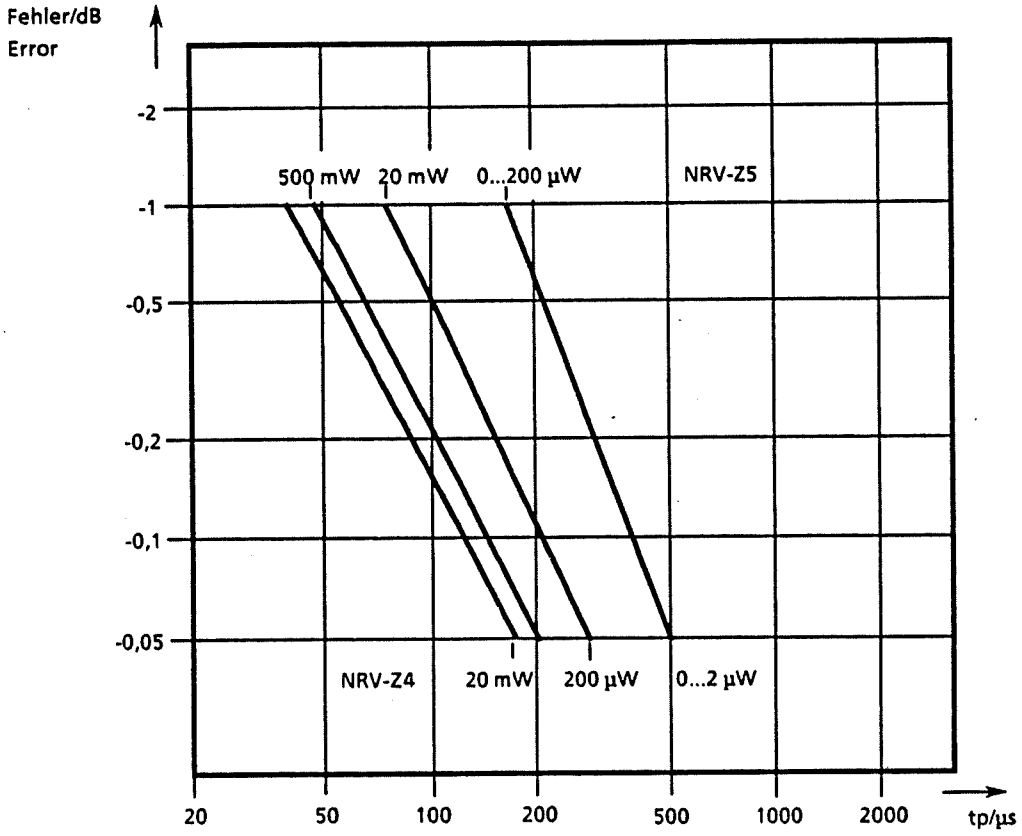


Bild 2-2 Typ. Bewertungsfehler bei PEAK(PEP)-Messung von pulsmodulierter HF für verschiedene Anzeigewerte.

3 Fehleranalyse

3.1 Anpassungsfehler

In diesem Abschnitt soll auf einen Fehler hingewiesen werden, der sehr häufig unberücksichtigt bleibt, da er im Datenblatt nicht angegeben werden kann. Er entsteht, wenn sowohl der Leistungsmesser als auch die Quelle fehlangepaßt sind - was in der Praxis im allgemeinen der Fall ist - und kann ebenso groß wie die spezifizierten Fehler werden. Um diese Erscheinung verständlich zu machen, soll zunächst der ideale Leistungsmesser betrachtet werden (Bild 3-1).

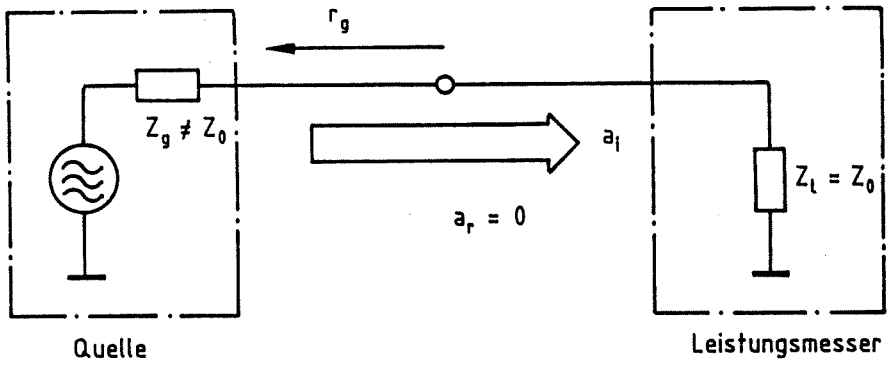


Bild 3-1 Leistungsmessung mit Anpassung am Leistungsmesser

Die vom Generator an die Leitung mit der Bezugsimpedanz Z_0 abgegebene Welle a_i wird vom Leistungsmesser reflexionsfrei absorbiert, da seine Impedanz Z_l gleich der Bezugsimpedanz ist. **Der Leistungsmesser mißt die Leistung, die die Quelle an einen Verbraucher mit Z_0 liefern kann.** Um Mißverständnissen vorzubeugen: Dies ist nicht die maximal verfügbare Leistung, die bei konjugiert komplexer Anpassung der Last abgegeben werden kann.

Bild 3-2 zeigt den etwas praxisnäheren Fall, daß ein Teil der einfallenden Leistung vom Leistungsmesser reflektiert wird.

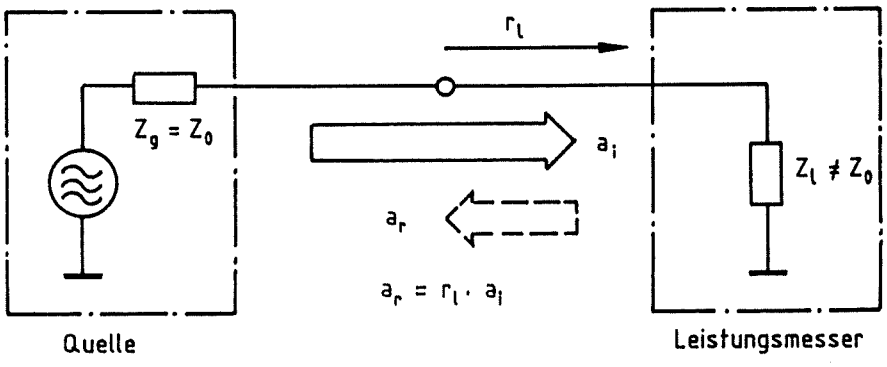
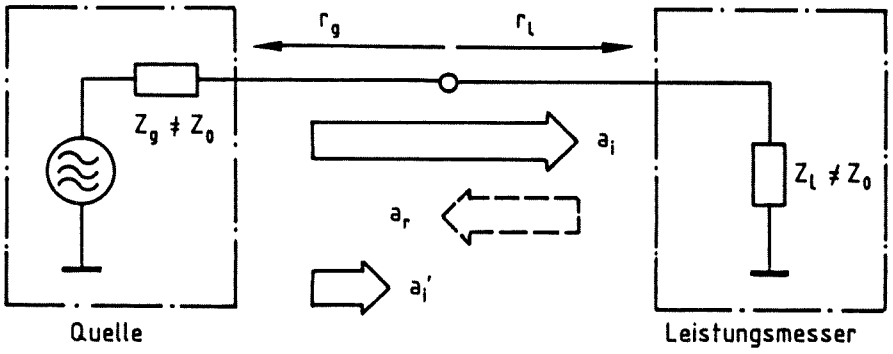


Bild 3-2 Leistungsmessung mit Anpassung an der Quelle

Der Generator möge in diesem speziellen Fall angepaßt sein, so daß die reflektierte Welle von der Quelle vollständig absorbiert wird. Es ist sofort einsichtig, daß in diesem Fall nicht die gesamte Leistung, die der Generator an einen angepaßten Verbraucher abgeben könnte, vom Leistungsmesser aufgenommen wurde. Dieser Meßfehler - in der englischsprachigen Literatur als **mismatch loss** bezeichnet - kann bei der Kalibration des Leistungsmessers berücksichtigt werden und ist daher für den Anwender nicht mehr von Interesse.

Den realistischen Fall der Leistungsmessung mit beidseitiger Fehlanpassung zeigt Bild 3-3.



$$a_r = r_l \cdot a_i$$

$$a_i' = r_g \cdot a_r$$

Bild 3-3 Leistungsmessung mit beidseitiger Fehlanpassung

Zu der vom Leistungsmesser reflektierten Welle a_r kommt durch nochmalige Reflexion - und zwar am Generator - die Welle a_i' hinzu. Diese überlagert sich der einfallenden Welle a_i und kann diese - je nach Phasenlage - in ihrer Intensität vergrößern, verkleinern oder gar nicht beeinflussen. Da i.a. weder vom Leistungsmesser noch von der Quelle die Phase des Reflexionsfaktors bekannt ist, kann der durch Mehrfachreflexion entstandene Fehler nicht angegeben werden. Es läßt sich allerdings der denkbare Maximalfehler berechnen, in der englischsprachigen Literatur als **mismatch uncertainty** M_u bezeichnet. Ohne Ableitung wird die folgende Gleichung angegeben:

$$M_u/\% = 100 \left\{ \frac{1}{(1 \pm r_g\, r_l)^2} - 1 \right\} \qquad (3\text{-}1)$$

Näherungsweise gilt:
$M_u/\% \approx \pm 200\, r_g\, r_l$

Die Anwendung soll an einem Beispiel erläutert werden.

Generator: $r_g = 0{,}20$ (SWR 1,50)

Leistungsmesser: $r_l = 0{,}05$ (SWR 1,11)

$\mathbf{M_u = \pm 2{,}0\ \%}$

Das bedeutet, daß der Benutzer - ungeachtet aller sonstigen Fehler - eine zusätzliche Unsicherheit von ±2 % bei seiner Leistungsmessung einkalkulieren muß. Der Anpaßfehler läßt sich bei gegebener Quelle nur dadurch beeinflussen, daß ein Leistungsmeßkopf mit geringem Reflexionsfaktor verwendet wird.

3.2 Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors

Jeder Leistungsmeßkopf zum NRV wird während der Fertigung bei einer Vielzahl von Kalibrationsfrequenzen vermessen (s. Techn. Daten **Fehlergrenzen des Kalibrationsfaktors**). Dabei wird die gemessene Leistung mit der vom Kalibrationssystem gelieferten verglichen und das Verhältnis beider Werte in Form eines **Kalibrationsfaktors** gespeichert. Immer dann, wenn der Benutzer mit Frequenzgang-Korrektur arbeitet, wird das Meßergebnis zuvor mit dem zur Meßfrequenz gehörenden Kalibrationsfaktor multipliziert. Dabei wird zwischen zwei Kalibrationsfrequenzen linear interpoliert. Bei Fremdfabrikaten muß der Kalibrationsfaktor (engl. **Cal Factor**) i.a. einem Diagramm entnommen und am Grundgerät eingestellt oder in dieses eingegeben werden.

Die Ermittlung des Kalibrationsfaktors bei der Fertigung ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet, die durch das Kalibrationssystem und durch Anpaßfehler verursacht werden. R&S gibt in den Techn. Daten einen Maximal-Fehler (engl. **Worst Case Uncertainty**) und einen mittleren quadratischen Fehler (engl. **RSS Uncertainty**) für die einzelnen Kalibrationsfrequenzen an - zusammengefaßt in bestimmten Frequenzbereichen. Der Maximalfehler ist die algebraische Summe aller Fehler - und zwar wiederum der Maximalwerte. Der mittlere quadratische Fehler entsteht durch Summation der Quadrate der Einzelfehler und anschließendes Ziehen der Quadratwurzel (s. a. Abschn. 3.9 Maximal- und RSS-Fehler). Während der Maximal-Fehler eine sehr konservative Fehlerabschätzung ermöglicht, gibt der RSS-Wert einen Anhalt für die Größe des Fehlers, mit dem man in der Praxis rechnen muß.

Alle bei der Fertigung der NRV-Meßköpfe verwendeten Kalibrations-Einrichtungen können lückenlos auf die entsprechenden nationalen Primär-Normale (PTB, NBS) zurückgeführt werden.

Die Kalibrationsfaktoren werden - meßkopfabhängig - bei verschiedenen Leistungen ermittelt (Tab. 3-1):

Tabelle 3-1 Meßleistungen zur Ermittlung des Kalibrationsfaktors

Meßkopf NRV-	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Meßleistung	12,6 µW	1 mW	26,8 µW	10 µW	1 mW

3.3 Linearitätsfehler

Für einen idealen Leistungsmesser wird bei einer bestimmten Frequenz über den gesamten Dynamikbereich zwischen der angezeigten Leistung P_{dis} [1]) und der Leistung der einfallenden Welle P_{inc} der Zusammenhang

$$P_{dis} = K_b \cdot P_{inc} \qquad (3\text{-}2)$$

gelten. K_b ist der Kalibrationsfaktor, Anpassungsfehler sollen vernachlässigt werden. Bei realen Leistungsmessern gilt diese Gleichung i. a. nur im Kalibrationspunkt (Bild 3-4). Zu kleineren und vor allen Dingen größeren Leistungen hin treten Abweichungen von dieser Gesetzmäßigkeit auf, die als Linearitätsfehler E_{lin} bezeichnet werden:

$$E_{lin}/\% = 100 \{P_{dis}/(K_b P_{inc}) - 1\} \qquad (3\text{-}3)$$

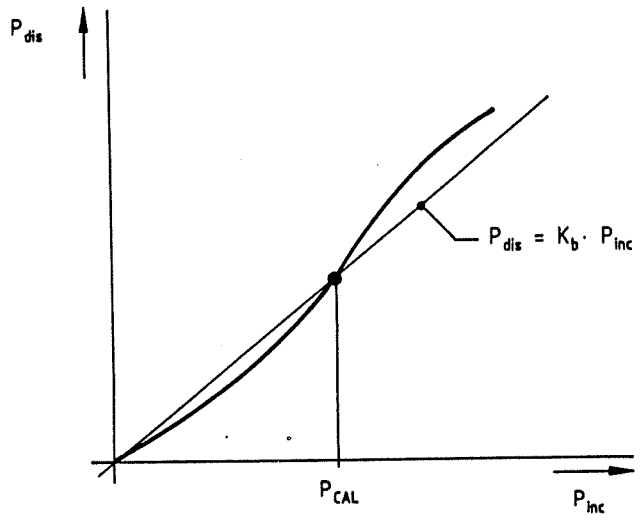


Bild 3-4 Linearitätsfehler

Der Linearitätsfehler kann ohne weitere Umrechnung zu den bereits vorher erwähnten Fehlern addiert werden. R&S spezifiziert den Linearitätsfehler bei Kalibrationstemperatur 23 ± 1°C und einer Frequenz von 50 MHz. Mit 0,3...0,4 % ist er relativ gering im Vergleich zu anderen Herstellern, die nicht die Möglichkeit einer individuellen Linearisierung des Meßkopfes besitzen.

Für die Meßköpfe NRV-Z1/-Z2 (-Z4/-Z5) gilt der spezifizierte Linearitätsfehler nur bis zu einer Frequenz von 4 (1,5) GHz. Darüber muß bei höheren Leistungen (> 20 µW für NRV-Z1/-Z4, > 2 mW für NRV-Z2/-Z5) mit einem Zusatzfehler gerechnet werden, der durch die aussteuerungsabhängige Sperrschichtkapazität des Detektors verursacht wird. Der Fehler nimmt mit steigender Frequenz und größer werdender Meßleistung stetig zu. Mit den in den Techn. Daten angegebenen Werten ist daher erst an der Obergrenze der entsprechenden Intervalle zu rechnen. Bild 3-5 zeigt den gemessenen Verlauf für NRV-Z1/Z2 in Abhängigkeit von Frequenz und Leistung. Der genannte Fehler hat immer ein positives Vorzeichen, d.h. es wird eine zu große Leistung angezeigt.

[1]) ohne Frequenzgang-Korrektur

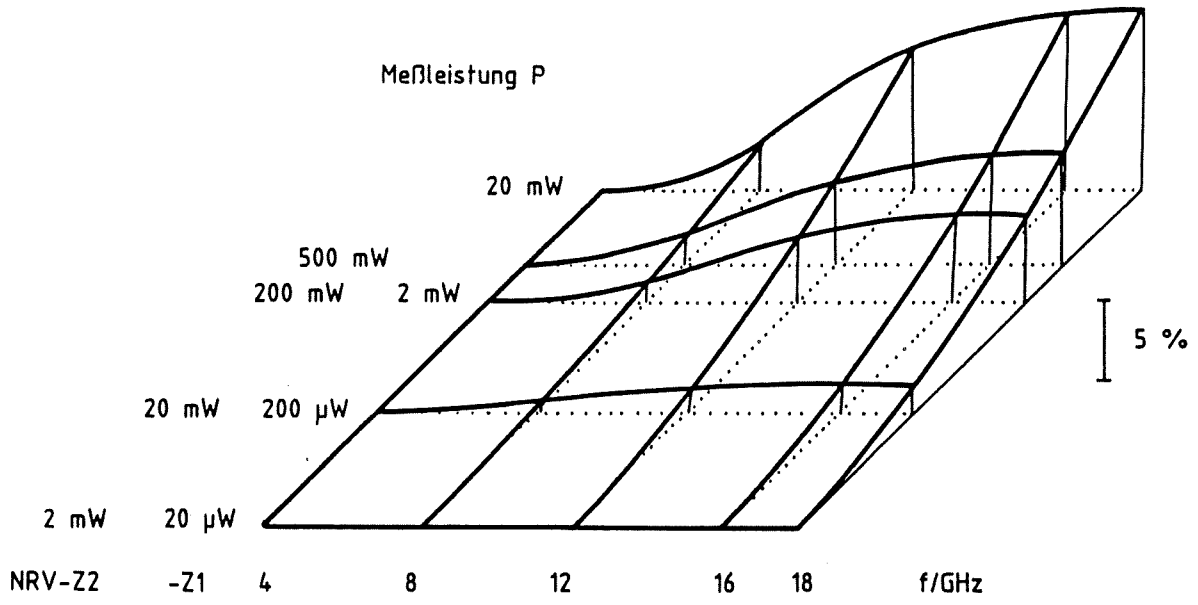


Bild 3-5 Frequenzabhängiger Zusatzfehler

3.4 Nullpunktfehler

Es handelt sich hierbei um einen Restfehler, der nach einem ordnungsgemäß durchgeführten Nullabgleich übrigbleibt. Der Nullpunktfehler ist ein rein additiver (Leistungs-) Offset, der zeitlich außerordentlich stabil ist und nur geringfügig von der Umgebungstemperatur beeinflußt wird, solange keine abrupten Temperatursprünge auftreten. R&S spezifiziert den Nullpunktfehler als Maximalwert, der innerhalb einer Stunde nach einem Nullabgleich auftreten darf, Änderung der Umgebungstemperatur um ±1 °C zugelassen.

Wird der Nullabgleich bei Filter-Einstellung FØ durchgeführt, kann kurzfristig mit dem halben Wert gerechnet werden (Abschn. 2.4).

3.5 Anzeigerauschen

Wegen der statistischen Natur des Rauschens können keine Maximalwerte angegeben werden. R&S gibt daher den doppelten Wert der Standardabweichung an, d.h. man kann davon ausgehen, daß ein Meßwert mit einer Sicherheit von 95 % um nicht mehr als diesen Betrag vom Anzeige-Mittelwert abweicht. Die Messung wird in Filter-Einstellung **F2** über eine Beobachtungszeit von ca. 1 min. vorgenommen (64 Meßwerte, Trigger-Mode **X4**). Die Standardabweichung s kann dann nach der Gleichung

$$s = 1/8 \sqrt{\sum_{i=1}^{64} (P_i - \overline{P})^2} \qquad (3\text{-}4)$$

P_i: i-te Einzelmessung

$\overline{P}$: arithmetischer Mittelwert aus den 64 Einzelmessungen

berechnet werden. Wie der Nullpunktfehler ist das Anzeigerauschen eine additive Größe, unabhängig von der Meßleistung.

3.6 Bewertungsfehler

Der ideale Leistungsmesser zeigt die wahre Leistung des Eingangssignals unabhängig von der Kurvenform an. Wenn auch in der Hochfrequenztechnik i.a. keine Dreieck- oder Rechteckspannungen gemessen werden müssen, so hat man doch stets mit verzerrten Sinussignalen zu rechnen. Neben der Grundwelle enthalten diese Ober- und teilweise auch Nebenwellen. Der thermische Leistungsmesser verhält sich nun ideal, indem er die Gesamtleistung mißt, d.h. die Summe der Einzelleistungen bei den verschiedenen Frequenzen. Und selbst wenn nur die Leistung der Grundwelle interessiert, ist der durch die unerwünschten Komponenten verursachte Fehler i. a. gering. Führt doch das Hinzufügen eines Störsignals mit -26 dBc Trägerabstand zu einer Vergrößerung der Leistungsanzeige von nur 0,25 %!

Leistungsmeßköpfe mit Dioden, wie NRV-Z1...Z5, verhalten sich leider nicht über den gesamten Dynamikbereich so ideal. Während bei kleinen Leistungen wie beim thermischen Leistungsmesser effektivwertrichtig gemessen wird, findet an der oberen Meßgrenze zunehmend eine Spitzenbewertung des Eingangssignals statt. Unter ungünstigen Umständen kann dann ein Störsignal mit -26 dBc Trägerabstand zu einem Fehler von ±10 % in der Leistungsanzeige führen.

Tabelle 3-2 gibt für die verschiedenen Meßköpfe die Grenzen für die Leistungsbereiche an, in denen effektivwertrichtig gemessen wird, bzw. in denen mit Bewertungsfehlern gerechnet werden muß.

Tabelle 3-2 Kurvenformbewertung

Meßkopf	Effektivbewertung	Bewertungsfehler möglich	k
-Z1/-Z4	1 nW...10 µW	10 µW... 20 mW	1,0
-Z2/-Z5	100 nW...1 mW	1 mW...500 mW	0,01
-Z3	400 pW...7 µW	7 µW...13 mW	1,5

Mit Gleichung (3-5) läßt sich der Fehler der von einer einzelnen Störkomponente verursacht wird, abschätzen.

$$E_W/\% = \frac{200}{1 + 200\ \mu W/kP} \cdot 10^{S/20\ dB} \qquad (3\text{-}5)$$

E_W: Fehler der Leistungsanzeige

P: Meßleistung

k: siehe Tabelle 3-2

S: Störabstand in dB

Beispiel: Messung mit NRV-Z2, P = 100 mW, S = -32 dBc

Gleichung (3-5) liefert als Ergebnis $\mathbf{E_W = \pm 4{,}2\ \%}$

Gleichung (3-5) gilt sehr genau für eine Störung bei der 3fachen Grundfrequenz (3. Harmonische). Für die 2. Harmonische ergibt sich ein etwas größerer Fehler, für alle höheren Harmonischen sind die Fehler kleiner als mit Gleichung (3-5) berechnet.

Bei den Meßköpfen NRV-Z3...Z5 erzeugen die geraden Harmonischen niedriger Ordnung (2fache, 4fache, 6fache Grundfrequenz) wegen der dort angewandten Zweiweggleichrichtung vernachlässigbare Bewertungsfehler.

3.7 Fehler des Grundgeräts

Das Analogteil des NRV besteht im Prinzip aus präzisen Gleichspannungsverstärkern und einem hochauflösenden A/D-Wandler. Der angegebene Fehler entsteht lediglich durch Drift von Verstärkungsfaktoren (Zeit, Temperatur) und bezieht sich - wie alle anderen Fehler - auf den Meßwert. Da der typische Fehler i. a. noch wesentlich kleiner ist, kann der Grundgerätefehler gegenüber den anderen Meßunsicherheiten vernachlässigt werden.

3.8 Temperatureinfluß

Im Grundgerät kann außerhalb des Temperaturbereichs 18...28 °C ein Zusatzfehler entstehen, dessen Maximalwert in den Techn. Daten spezifiziert ist.

Die Meßköpfe haben - unkorrigiert - einen sehr großen Temperaturkoeffizienten, der im Bereich von -0,3...-0,5 %/grd liegt. Durch zyklische Temperaturmessungen im Meßkopf und eine Korrektur-Software, die auf einem an den jeweiligen Sensor angepaßten Diodenmodell beruht, kann der Restfehler auf typ. 0,07 %/grd reduziert werden. In den Techn. Daten sind für verschiedene Temperaturbereiche die zu erwartenden typischen Fehler sowie die garantierten Maximalwerte angegeben.

3.9 Maximal- und RSS-Fehler

Die Angabe von Fehlern für eine Meßanordnung ist prinzipiell nichts anderes als das Festlegen eines Vertrauensbereichs. Bereitet die Berechnung bei nur wenigen Einflußgrößen i.a. keine Schwierigkeiten, so tritt bei Messungen mit sehr vielen Fehlerquellen die Diskrepanz zwischen dem errechneten Maximalfehler und dem beobachteten Fehler offen zutage.

Es hat sich daher in der Leistungsmeßtechnik eingebürgert, zwei Fehler anzugeben: Den Maximalfehler E_{max} als Summe der einzelnen Maximalfehler $(E_{max})_i$ (Gleichung (3-6)) und einen als RSS-Wert[1]) E_{RSS} bezeichneten praxisnäheren Fehler (Gleichung (3-7)).

$$E_{max} = \sum_{i=1}^{N} (E_{max})_i \qquad (3\text{-}6)$$

$$E_{RSS} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (E_{RSS})_i^2} \qquad (3\text{-}7)$$

Der RSS-Wert ist die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der einzelnen RSS-Fehler $(E_{RSS})_i$. Steht für eine Fehlerkomponente nur der Maximalwert zur Verfügung, so ist dieser einzusetzen (i.a. wird dies bei fast allen Fehlern der Fall sein). Es muß unbedingt darauf hingewiesen werden, daß in die RSS-Berechnung nur **mittelwertfreie** Fehlerkomponenten aufgenommen werden dürfen; vereinfacht gesagt, ein Fehler von z.B. +0,8 % muß genauso wahrscheinlich sein wie ein Fehler von -0,8 %. Mit Ausnahme des frequenzabhängigen Zusatzfehlers von Abschnitt 3.3 kann dies bei allen anderen Komponenten angenommen werden. Wie ist nun der frequenzabhängige Zusatzfehler in die RSS-Berechnung einzubringen? Man bildet zunächst den RSS-Wert aus allen anderen Komponenten und addiert dazu den genannten Fehler.

---

[1]) RSS: Root Sum of the Squares

Beispiel:

$(E_{max})_1 = \pm 2{,}8\ \%$ $(E_{max})_2 = \pm 2{,}5\ \%$ $(E_{max})_3 = \pm 1{,}5\ \%$

$(E_{RSS})_1 = \pm 1{,}6\ \%$

Der frequenzabhängige Zusatzfehler sei $(E_{max})_4 = +3{,}0\ \%$

$E_{max} = -3{,}8/+9{,}8\ \%$ $E_{RSS} = -0{,}3/+6{,}3\ \%$

Die Definition des RSS-Werts, die zunächst recht willkürlich erscheint, beruht auf einer bekannten Gesetzmäßigkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung: Setzt sich ein Gesamtfehler aus der Summe mehrerer Einzelfehler zusammen, so nähert sich der Summenfehler mit wachsender Anzahl von Einzelkomponenten der Gauß-Verteilung. Die Standardabweichung des Summenfehlers ist gleich der Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der einzelnen Standardabweichungen. Dies entspricht aber ziemlich genau dem Bildungsgesetz für den RSS-Wert, mit dem Unterschied, daß statt der Standardabweichung der RSS- oder der Maximalwert eingesetzt wird. Je nach Verteilungsfunktion der Einzelfehler entspricht der RSS-Wert 2...3 Standardabweichungen, was dann auch für das Ergebnis gilt. Daraus folgt:

Der RSS-Wert einer Summe von Einzelfehlern kann als der Fehler betrachtet werden, der i.a. von 95 % aller Meßergebnisse nicht überschritten wird.

3.10 Fehleranalyse am praktischen Beispiel durchgeführt

Gegeben: Generator r_g = 0,15 (SWR 1,35)
P = 10 µW/12 GHz

Leistungsmesser NRV-Z2 Filter F4 T_u = 24 °C

Die Einzelfehler wurden den Techn. Daten des NRV/NRV-Z2 entnommen.

Fehlerursache	Beschreibung	Komponente (E_{max})		Komponente (E_{RSS})
		%	dB	%
Anpassung r_g = 0,15 r_l = 0,07	Gleichung (3-1)	±2,1	-0,0927 +0,0907	±2,1
Cal-Faktor ±5,4% (±2,8%)	Abschn. 3.2	±5,4	-0,2284 +0,2411	±2,8
Linearität	Abschn. 3.3	±0,3	-0,0130 +0,0130	±0,3
Nullpunkt ±10 nW	Abschn. 3.4	±0,1	-0,0043 +0,0043	±0,1
Rauschen 64 nW	Abschn. 3.5	±0,6	-0,0279 +0,0277	±0,6
Grundgerät	Abschn. 3.7	±0,3	-0,0130 +0,0130	±0,3
Bewertung	Abschn. 3.6	±0,0	-0,0000 +0,0000	±0,0
Temperatur	Abschn. 3.8	±0,0	-0,0000 +0,0000	±0,0
Gesamtfehler		**±8,8**	**-0,3793 +0,3898**	**±3,6**

Rechnet man den Gesamtfehler in dB um in den entsprechenden prozentualen Fehler, so erhält man -8,4/+9,4 %. Die Diskrepanz zu dem angegebenen Wert von ±8,8 % rührt daher, daß Gleichung (3-6) strenggenommen nur eine Näherung für die Summation von **Relativfehlern** darstellt.

3.11 Verzeichnis der verwendeten Symbole

a_i [1]	vorlaufende Welle bei angepaßtem Generator
a_i' [1]	durch Mehrfachreflexion entstandene Komponente der vorlaufenden Welle
a_r [1]	reflektierte Welle
E_{lin}	Linearitätsfehler
E_w	Bewertungsfehler (nur bei Leistungsmessung mit Halbleiter-Dioden)
E_{max}	Maximalwert des Gesamtfehlers
E_{RSS}	RSS-Wert des Gesamtfehlers
f	Frequenz
i	Index zur Kennzeichnung einer einzelnen Messung oder einer Fehlerkomponente
k	Normierungsfaktor (Gln. 3-5)
K_b	Kalibrationsfaktor
M_u	Anpaßfehler (Mismatch Uncertainty)
P	Leistung, allg.
P_{dis}	angezeigte Leistung
P_{inc}	Leistung der einfallenden (vorlaufenden) Welle
P_{PEP}	max. Hüllkurvenleistung
$\overline{P}$	arithmetischer Mittelwert aus mehreren Leistungsmessungen
r_g	Reflexionsfaktor des Generators
r_l	Reflexionsfaktor des Verbrauchers

[1] Die Wellengrößen a_i, a_i' und a_r sind komplexe Zeiger zur Darstellung der Wellenausbreitung nach Betrag und Phase (Netzwerkanalyse mit s-Parametern). Zwischen einer Welle a und der von ihr transportierten Leistung P besteht die Beziehung

$$/a/ = \sqrt{P}$$

s	Standardabweichung des Anzeigerauschens
S	Störabstand
T	Periodendauer
t_p	Pulsbreite
T_U	Umgebungstemperatur
u_{HF}	HF-Spannung, Augenblickswert
$\hat{u}_{HF}$	HF-Spannung, Scheitelwert
Z_g	(innere) Impedanz des Generators
Z_l	Impedanz des Verbrauchers
Z_0	Bezugsimpedanz (reell)

4 Überprüfen der Solleigenschaften

Leistungs- und Reflexionsmessungen im Frequenzbereich bis 18 GHz erfordern wegen der vielfältigen Fehlerquellen Erfahrung und besondere Sorgfalt.

Eine Nachmessung der in den Techn. Daten garantierten Eigenschaften sollte daher nur bei entsprechenden Kalibrierstellen oder den Service-Einrichtungen des Hauses Rohde & Schwarz durchgeführt werden. Dort sind geeignete Meßplätze für die o.a. Meßaufgaben vorhanden. Möchte der Benutzer die Nachprüfung dennoch selbst vornehmen, so sollte er sich unbedingt über die Unsicherheiten der von ihm gewählten Meßanordnung im klaren sein. Ein intensives Studium von Abschn. 3 ist sehr zu empfehlen.

5 Wartung und Service

Alle Meßköpfe zum NRV sind wartungsfrei und stabil in ihren elektrischen Eigenschaften. Es genügt, sie jährlich einmal nachzuprüfen (Abschn. 4).

Meßköpfe, die defekt sind oder die Spezifikationen nicht mehr einhalten, sind zur Reparatur/Kalibration grundsätzlich an den Hersteller einzusenden.

Nur dort besteht z. Zt. die Möglichkeit, die individuellen Kennwerte in den Datenspeicher einzuschreiben.

Das Datum der letzten Kalibration kann mit dem Sonderbefehl SP (siehe NRV-Beschreibung, Abschnitt 2.4.3) ausgelesen werden.

ROHDE&SCHWARZ

Measuring Instruments
and Systems Division

Manual

POWER SENSOR

NRV-Z5

828.3818.02
828.3818.03

Printed in the Federal
Republic of Germany

Contents

		Page
1	Data Sheet	
2	Measurements with the NRV-Z5	2.1
2.1	Measurement Principle	2.1
2.2	Readout and Reference Impedance	2.2
2.3	Measurement Speed and Noise	2.2
2.4	Zeroing	2.4
2.5	Selection of Measurement Range	2.5
2.6	Frequency-response Correction	2.6
2.7	PEAK(PEP) Measurements	2.6
3	Error Analysis	3.1
3.1	Matching Error	3.1
3.2	Error Limits of Calibration Factor	3.4
3.3	Linearity Error	3.5
3.4	Zero Error	3.6
3.5	Display Noise	3.7
3.6	Weighting Error	3.7
3.7	Error of Basic Unit	3.8
3.8	Temperature Effect	3.9
3.9	Maximum and RSS Error	3.9
3.10	A Practical Example of Error Analysis	3.11
3.11	List of Symbols Used	3.12
4	Checking the Rated Characteristics	4.1
5	Maintenance and Service	5.1

Parts list
Circuit diagram
Components plan

General

The Power Sensor NRV-Z5 is used together with the basic unit NRV or with the Millivoltmeter URV5 for power measurements in **50-Ω systems** ranging from **50 nW to 500 mW** at frequencies from **100 kHz to 6 GHz.** Because of its high sensitivity, the sensor may be easily destroyed when handled improperly. Therefore, never exceed the following limits:

Max. permissible power	2 W (CW) / 10 W (PEP)
AC voltage	10 V

Since the 50-Ω termination is directly connected to the inner conductor, the total power (RF + DC) must not exceed the indicated 2 (10) W limit.

Contrary to other power meters, the probes of which are first to be calibrated with a reference power, the NRV-Z5 is ready for operation immediately after connection. Each sensor is equipped with a memory holding the individual calibration parameters. In the LOCAL mode the basic unit reads out these data automatically as soon as the sensor is connected. In the REMOTE mode, this procedure must be triggered **once** with the IEC-bus command CØ prior to the first measurement (see also sections 2.3.1, 2.3.2 and 2.4.3 of NRV manuals). In both cases, **init** appears during the readout of calibration parameters.

For detailed description of the sensor, please refer to section 2, **Measurements with the NRV-Z5.** A list of possible error sources in RF power measurements and hints for selecting the appropriate sensor can be found in section 3, **Error Analysis.** Operation of basic unit and the total IEC-bus syntax are described in the NRV (or URV5) manual.

ROHDE&SCHWARZ

Dual-channel Power Meter

NRV

100 kHz to 18 GHz

IEC 625 Bus

IEEE 488

PD 756.4872.23

Dual-channel Power Meter NRV

100 kHz to 18 GHz/400 pW to 500 mW

- Maximum measurement accuracy owing to absolute calibration of power sensors
- Simultaneous dual-channel measurement, measuring time shorter than 2× the duration of single-channel measurement
- Completely interchangeable power sensors for 50 and 75 Ω
- Up to 20 measurements per second
- Selectable measurement rate
- Display of absolute or relative measured value
- PEP measurement
- All functions remote-controllable

The **Power Meter NRV** is a broadband instrument of high sensitivity and unprecedented versatility and precision. Depending on the power sensor used, the frequency range extends from 100 kHz to 18 GHz and the power range covers 91 dB. The probes and insertion units of the Millivoltmeter URV 5 can also be connected to the NRV without impairing the error limits. They extend the application range from low-capacitance DC measurement (DC probe) through to determination of the RF voltage and power-handling capacity of unshielded or coaxial systems from 9 kHz to 2 GHz. All functions can be controlled via IEC/IEEE bus.

Power sensors The power sensors are individually calibrated and therefore interchangeable without affecting the error limits.

Power sensors for different impedances (50 Ω, 75 Ω) and power ranges (400 pW to 500 mW)

Power sensors

NRV-Z1	50 Ω, 1 nW to 20 mW, 10 MHz to 18 GHz
NRV-Z2	50 Ω, 100 nW to 500 mW, 10 MHz to 18 GHz; VSWR < 1.05 up to 4 GHz, < 1.2 up to 18 GHz; highest measurement accuracy thanks to minimum mismatch
NRV-Z3	75 Ω, 400 pW to 13 mW, 1 MHz to 2.5 GHz
NRV-Z4	50 Ω, 500 pW to 20 mW, 100 kHz to 6 GHz
NRV-Z5	50 Ω, 50 nW to 500 mW, 100 kHz to 6 GHz; VSWR < 1.05 up to 4 GHz, < 1.1 up to 6 GHz; highest measurement accuracy thanks to minimum mismatch

The **probes and insertion units** of the URV 5 extend the NRV's range of applications for broadband RF and DC voltage measurements. When using these accessories, the URV 5 specifications will apply.

URV5-Z1 **DC probe**
0 to 400 V, R_{in} = 9 MΩ ‖ 6 pF

URV5-Z7 **RF probe**
200 µV to 10 V, 20 kHz to 1 GHz
with various extras such as plug-on divider, BNC, 50-Ω and 75-Ω adapters; for more details see Data Sheet URV 5 394 801.

URV5-Z2 **10-V insertion unit**
200 µV to 10 V, 9 kHz to 2 GHz
RF voltage or power measurement with **low reflection coefficient** on coaxial 50-Ω systems; power measurement up to 2 W with suitable termination.

URV5-Z4 **100-V insertion units, 50 and 75 Ω**
2 mV to 100 V, 100 kHz to 2 GHz
RF voltage or power measurement on coaxial 50 (75)-Ω systems **with extreme requirements for reflection** or with higher voltages; power measurement up to 200 W (130 W) with suitable termination.

CHARACTERISTICS

Readout One or two measuring heads can be connected to the NRV. The values measured in the two channels can be displayed separately, set off against one another or related to any reference. Four units of indication can be selected:

watt W
dBm, dBV
volt V

For indication in volts or in dBV, the impedance of the power sensor connected is automatically taken into account. For conversion, any other value from $Z = 10^{-4}$ to $10^{4}\ \Omega$ can be entered.

Moreover, **four types of conversion** are possible, each either referring to an internal reference or to the second measuring channel (A/ref_A, B/ref_B, A/B, B/A) with the result displayed as Δ, Δ%, ΔdB, X÷REF.

Because of the wide range of indication, the units can be displayed or output in steps of $\times 10^{3}$.

Trend display The Power Meter NRV has a trend display which quickly follows the variations of the measured values, thus facilitating adjustments and maxima-minima settings.

Waveform weighting The Power Sensors NRV-Z1 to -Z5 are fitted with diode detectors developed especially for power measurement. They work in the square-law region with lower power levels, thus permitting **true rms-value measurement even in the case of distorted and pulsed signals.**

Above the limit of about 10 μW for the NRV-Z1, NRV-Z3 and NRV-Z4 and 1 mW for the NRV-Z2 and NRV-Z5, rms weighting of the waveform gradually changes into peak value measurement, the rms value calibration being maintained for sinewaves. With heavily distorted signals, measurement errors may occur increasingly at higher levels. For true rms weighting, the upper limit of the measurement range can be extended as required with the aid of attenuators connected ahead of the measuring head; in this case, it is possible to take the extra attenuation into account in the result using the function "attenuation correction".

PEP measurement The PEAK (PEP) key is used for reading the peak envelope power of a modulated signal. The gate time of the μP-backed peak-responding meter is switchable, so modulation frequencies down to 0.05 Hz can be handled.

Measurement rate The measurement rate is selectable in two steps using the FILTER key, or in six steps using a special function or IEC-bus control. Thus the NRV can be adapted to any measurement task, especially in the most sensitive range. The user can choose whether he puts up with a certain amount of noise at the highest test rate or obtains a steadied readout with a slight increase in the duration of measurement. With triggered measurements, function-dependent settling times are taken into account internally. Thus, the first test result is correct even with autoranging.

Frequency-response correction Each power sensor is individually calibrated. The test frequency need only be entered via the keyboard or the IEC bus and the NRV takes account of the calibration factor in the result. The frequency-response correction can be switched on and off with the FRQ CORR key (for more details see page 5).

Attenuation correction The NRV automatically takes account of the division factors of the power sensors. If a plug-on divider or attenuator pad is connected ahead of the power sensor, the corresponding attenuation can be entered and is taken into account in the result by pressing the ATT CORR key. Range of entry –199.99 to + 199.99 dB.

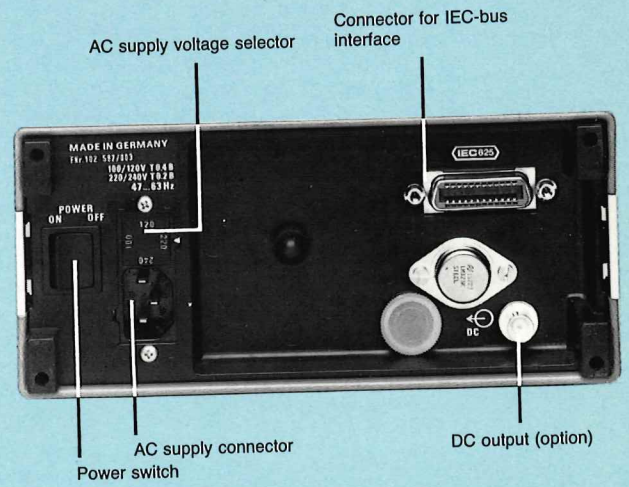
Range setting There are three ways of setting the measurement range.

1. Automatic range selection
   – AUTO key depressed
2. Retention of selected range
   – AUTO key released
3. Stepwise variation using UP↑ and DOWN↓ keys; when these keys are pressed, the nominal value of the new range is shortly inserted in the display.

Secondary functions With the SHIFT key depressed, a decimal key array is available for data entry for the secondary functions and by pressing the SPEC key, for the **special functions:**

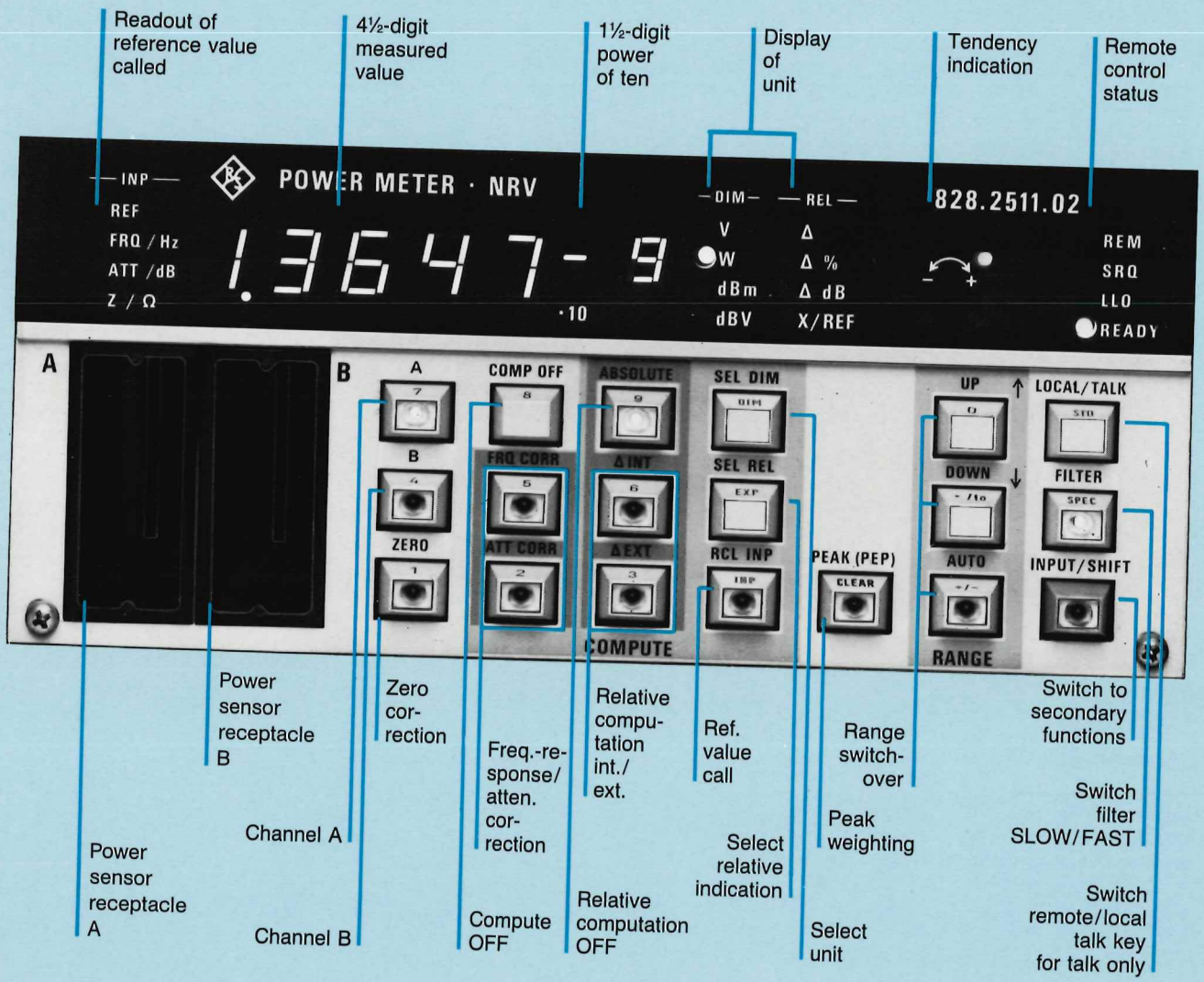
display test,
entry and check of IEC-bus address,
nonvolatile storage of reference values,
selection of filters F0 to F5,
calibration date/calibration programs,
error message,
software check,
reference-value transfer from channel A to B and vice versa.

DC output option This output delivers a DC voltage proportional to the numerical readout. A linear or logarithmic scale is possible thanks to the versatile conversion capability of the NRV.



Rear panel details

OPERATION



Selection of filter functions
SLOW (F2) ⇄
FAST (F4)
F0 to F5

F2 ⇄ FIL-TER ⇄ F4

SHIFT SPEC 3 → Indication of instantaneous filter function, e.g. F4

1 → F1

Call of a special function, e.g. LED test

SHIFT SPEC 0

IEC-bus address indication of address set

SHIFT SPEC 1 → SHIFT

Blue: secondary functions

Reference correction values

Indication: reference or correction values for selected channel

RCL REF → Indication reference value

RCL REF → Indication frequency →

RCL REF → Indication attenuation

RCL REF → Indication Z →

RCL REF → Indication meas. value

Storage of reference value, e.g. 150 mW for channel set

RCL REF → Indication of old ref. value

SHIFT 1 5 0

EXP +/- 3 DIM ..... DIM STO

only if unit other than W

Transfer of instantaneous meas. value as reference

SHIFT STO

Nonvolatile storage of all reference, correction and impedance values (both channels)

SHIFT SPEC 2

POWER SENSOR CALIBRATION

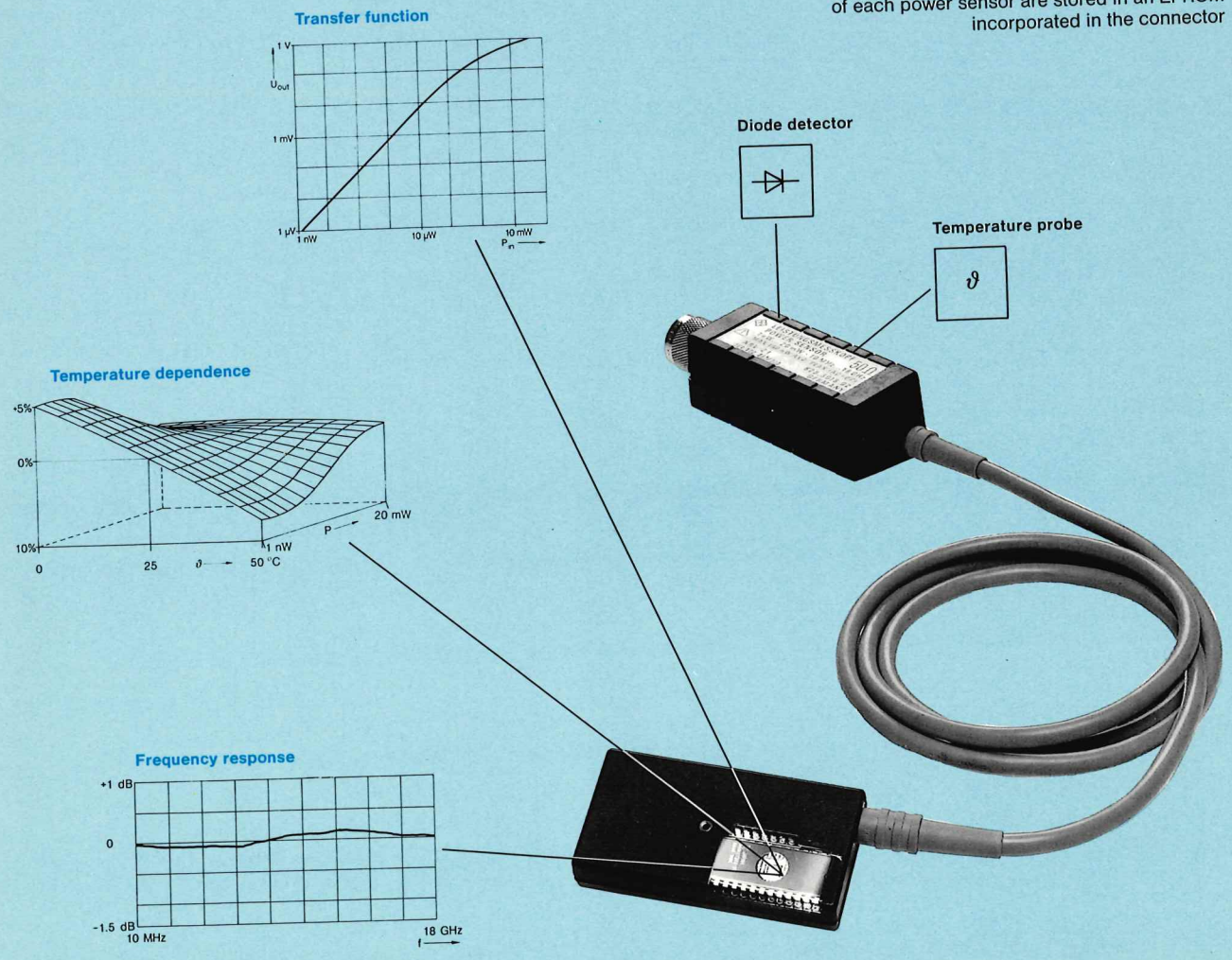
Accuracy Transfer function, temperature and frequency response of the power sensor have a decisive influence on the RF power measurement result. Therefore, the errors of each diode detector should be corrected individually to increase accuracy. Rohde & Schwarz has therefore developed a method to store the calibration data in an EPROM incorporated in the connector of each power sensor, so that an individual correction can be carried out by the NRV.

Function The power-dependent temperature response of each power sensor is stored in the EPROM as a two-dimensional data array with 180 pivotal values. The temperature in the power sensor is measured continuously, and the measured power value is corrected by means of two-dimensional interpolation (1st correction). The next step is to linearize the transfer function (2nd correction). The NRV then corrects the frequency response by multiplying the calculated input power by a correction factor determined in the course of calibration. It is sufficient to enter the test frequency (3rd correction).

All data necessary for this three-step correction procedure and the identification of the power sensor are transferred **when the power sensor is connected** and are then evaluated by the basic unit. This method has several advantages for the user:

- Complete interchangeability of power sensors owing to their individual calibration.
- Maximum measurement accuracy.
- Calibration to international standards (NBS, PTB).
- Convenient and user-friendly operation.
- No impairment in the case of temperature differences between power sensor and basic unit.

The data required for the individual calibration of each power sensor are stored in an EPROM incorporated in the connector



SPECIFICATIONS

NRV, basic unit

Absolute error . . . . . ±0.3% of rdg
Temperature effect
18 to 28 °C . . . . . 0 (included in absolute error)
10 to 40 °C . . . . . ±0.5% of rdg
0 to 50 °C . . . . . ±1% of rdg

PEP measurement
Pulse width . . . . . approx. 200 µs to CW
Minimum pulse repetition frequency:

Filter	0	1	2	3	4	5
f_{min}/Hz	0.05	0.25	1	5	25	100

Power Sensor NRV-Z1

Power measurement range . . . . . 1 nW to 20 mW
Frequency range . . . . . 10 MHz to 18 GHz
Characteristic impedance . . . . . 50 Ω
Power-handling capacity (AC+DC)
Average value . . . . . 100 mW
Peak value . . . . . 100 mW
Linearity error
(1 nW to 20 mW at 50 MHz) . . . . . ±0.4% of rdg
Zero error [1] . . . . . ±0.1 nW
Measurement rate and indication noise [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Change of display [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Computer control [4]	15 s	3.6 s	1 s	260 ms	90 ms	52 ms
Noise in nW [5]	0.04	0.08	0.16	0.32	0.64	2

Error limits of calibration factor [6]:
Power range 1 nW to 20 µW

f in GHz	0.01 to 0.1	>0.1 to 2	>2 to 4	>4 to 8	>8 to 18
Max. error in %	3.6	4.9	6.0	8.3	11.5
RSS error in %	1.6	2.1	2.6	3.8	5.6

Calibration frequencies . . . . . approx. 40 points from 0.01 to 18 GHz; linear interpolation between calibration frequencies. The large number of calibration points makes interpolation errors negligible.

Additional error with powers >20 µW

f in GHz	0.01 to 4	4 to 8	8 to 18
20 µW to 2 mW	0%	+2% of rdg	+6% of rdg
2 to 20 mW	0%	+4% of rdg	+12% of rdg

Temperature effect

	max.	typ.
18 to 28 °C	1%	0.3%
10 to 40 °C	3%	1%
0 to 50 °C	7%	2%

Reflection coefficient, VSWR

f in GHz	0 to 0.001	0.001 to 1	1 to 2	2 to 4	4 to 18
r in %	5	3	6	12	17
VSWR	1.11	1.06	1.13	1.27	1.41

Power Sensor NRV-Z2

Power measurement range . . . . . 100 nW to 500 mW
Frequency range . . . . . 10 MHz to 18 GHz
Characteristic impedance . . . . . 50 Ω
Power-handling capacity (AC + DC)
Average value . . . . . 2 W
Peak value . . . . . 10 W
Linearity error
(100 nW to 500 mW at 50 MHz) . . . ±0.3% of rdg
Zero error [1] . . . . . ±10 nW
Measurement rate and indication noise [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Change of display [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Computer control [4]	15 s	3.6 s	1 s	260 ms	90 ms	52 ms
Noise in nW [5]	4	8	16	32	64	200

Error limits of calibration factor [6]:
Power range 100 nW to 2 mW

f in GHz	0.01 to 0.1	>0.1 to 2	>2 to 4	>4 to 8	>8 to 12.4	>12.4 to 18
Max. error in %	1.7	2.7	3.1	3.9	5.4	6.4
RSS error in %	0.8	1.5	1.8	2.0	2.8	3.3

Calibration frequencies . . . . . same as for Power Sensor NRV-Z1

Additional error with powers >2 mW

f in GHz	0.01 to 4	4 to 8	8 to 18
2 to 200 mW	0%	+2% of rdg	+6% of rdg
200 to 500 mW	0%	+3.5% of rdg	+10% of rdg

Temperature effect

	max.	typ.
18 to 28 °C	1%	0.3%
10 to 40 °C	3%	1%
0 to 50 °C	7%	2%

Reflection coefficient, VSWR

f in GHz	0 to 4	4 to 8	8 to 12.4	12.4 to 18
r in %	2.4	4.8	7.0	9.1
VSWR	1.05	1.1	1.15	1.2

Power Sensor NRV-Z3

Power measurement range . . . . . 400 pW to 13 mW
Frequency range . . . . . 1 MHz to 2.5 GHz
Characteristic impedance . . . . . 75 Ω
Power-handling capacity (AC + DC)
Average value . . . . . 70 mW
Peak value . . . . . 70 mW
Linearity error
(400 pW to 13 mW at 50 MHz) . . . . ±0.4% of rdg
Zero error [1] . . . . . ±40 pW
Measurement rate and indication noise [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Change of display [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Computer control [4]	15 s	3.6 s	1 s	260 ms	90 ms	52 ms
Noise in nW [5]	0.02	0.03	0.06	0.13	0.26	0.8

Error limits of calibration factor [6]:
Power range 400 pW to 13 mW

f in GHz	0.001 to 0.1	>0.1 to 1	>1 to 2.5
Max. error in %	4.1	5.1	5.7
RSS error in %	1.1	1.6	2.0

Calibration frequencies . . . . . approx. 20 points from 0.001 to 2.5 GHz; linear interpolation between calibration frequencies. The large number of calibration points makes interpolation errors negligible.

Temperature effect

	max.	typ.
18 to 28 °C	1%	0.3%
10 to 40 °C	3%	1%
0 to 50 °C	7%	2%

Reflection coefficient, VSWR

f in GHz	0 to 0.001	0.001 to 1	1 to 2.5
r in %	7	5	9.1
VSWR	1.15	1.11	1.2

SPECIFICATIONS

Power Sensor NRV-Z4

Power measurement range . . . . . 500 pW to 20 mW
Frequency range . . . . . 100 kHz to 6 GHz
Characteristic impedance . . . . . 50 Ω
Power-handling capacity (AC + DC)
  Average value . . . . . 100 mW
  Peak value . . . . . 100 mW
Linearity error
(500 pW to 20 mW at 50 MHz) . . . . ±0.4% of rdg
Zero error [1] . . . . . ±50 pW

Measurement rate and indication noise [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Change of display [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Computer control [4]	15 s	3.6 s	1 s	260 ms	92 ms	54 ms
Noise in nW [5]	0.02	0.04	0.08	0.16	0.32	1

Error limits of calibration factor [6]:
Power range 500 pW to 20 µW

f in GHz	0.0001 to 0.1	>0.1 to 2	>2 to 4	>4 to 6
Max. error in %	2.4	3.4	4.2	5.9
RSS error in %	0.8	1.5	1.8	2.2

Calibration frequencies . . . . . approx. 30 points from 0.0001 to 6 GHz; linear interpolation between calibration frequencies. The large number of calibration points makes interpolation errors negligible.

Additional error with powers >20 µW

f in GHz	0 to 1.5	1.5 to 3	3 to 6
20 µW to 2 mW	0%	+2% of rdg	+6% of rdg
2 to 20 mW	0%	+4% of rdg	+10% of rdg

Temperature effect	max.	typ.
18 to 28 °C	1%	0.3%
10 to 40 °C	3%	1%
0 to 50 °C	7%	2%

Reflection coefficient, VSWR

f in GHz	0 to 0.1	0.1 to 2	2 to 4	4 to 6
r in %	2.4	4.8	9.1	15
VSWR	1.05	1.1	1.2	1.35

Power Sensor NRV-Z5

Power measurement range . . . . . 50 nW to 500 mW
Frequency range . . . . . 100 kHz to 6 GHz
Characteristic impedance . . . . . 50 Ω
Power-handling capacity (AC + DC)
  Average value . . . . . 2 W
  Peak value . . . . . 10 W
Linearity error
(50 nW to 500 mW at 50 MHz) . . . . ±0.3% of rdg
Zero error [1] . . . . . ±5 nW

Measurement rate and indication noise [2]:

Filter	0	1	2	3	4	5
Change of display [3]	910 ms	480 ms	250 ms	140 ms	85 ms	45 ms
Computer control [4]	15 s	3.6 s	1 s	260 ms	92 ms	54 ms
Noise in nW [5]	2	4	8	16	32	100

Error limits of calibration factor [6]:
Power range 50 nW to 2 mW

f in GHz	0.0001 to 0.1	>0.1 to 2	>2 to 4	>4 to 6
Max. error in %	1.7	2.6	3.0	4.0
RSS error in %	0.8	1.4	1.7	1.9

Calibration frequencies . . . . . approx. 30 points from 0.0001 to 6 GHz; linear interpolation between calibration frequencies. The large number of calibration points makes interpolation errors negligible.

Additional error with powers >2 mW

f in GHz	0 to 1.5	1.5 to 3	3 to 6
2 to 200 mW	0%	+2% of rdg	+6% of rdg
200 to 500 mW	0%	+3.5% of rdg	+8% of rdg

Temperature effect	max.	typ.
18 to 28 °C	1%	0.3%
10 to 40 °C	3%	1%
0 to 50 °C	7%	2%

Reflection coefficient, VSWR

f in GHz	0 to 4	4 to 6
r in %	2.4	4.8
VSWR	1.05	1.1

(All errors specified refer to the readout in W at 23 ±1 °C)

General data

Operating temperature range . . . . 0 to + 50 °C, rated range of use 1 to IEC 359 (no condensation)
Storage temperature range . . . . . −40 to +70 °C
Power supply . . . . . 100/120/220/240 V ±10%, 47 to 440 Hz (30 VA)

Dimensions, weight
  Basic unit . . . . . 241 mm x 110 mm x 340 mm, 4.4 kg
  Power sensors . . . . . 120 mm x 37 mm x 31 mm, 0.35 kg; length of connecting cable 1.3 m

DC Output Option URV5-B2
  Output impedance . . . . . 1 kΩ
  Output voltage range (EMF) . . . . . −1.999 to +1.999 V
  Resolution . . . . . 1 mV (10 digits)
  Error limits . . . . . ±2 mV

Remote control
Interface . . . . . IEC 625-1 (IEEE 488) for control of all functions
Interface functions SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, DC1, DT1, PP1

Ordering information

Order designation . . . . . ▶ Dual-channel Power Meter NRV 828.2511.02

DC Output Option	URV5-B2	395.0112.02
Power Sensor 20 mW, 50 Ω, 18 GHz	NRV-Z1	828.3018.02
Power Sensor 500 mW, 50 Ω, 18 GHz	NRV-Z2	828.3218.02
Power Sensor 13 mW, 75 Ω, 2.5 GHz	NRV-Z3	828.3418.02
Power Sensor 20 mW, 50 Ω, 6 GHz	NRV-Z4	828.3618.02
Power Sensor 500 mW, 50 Ω, 6 GHz	NRV-Z5	828.3818.02
Service and Calibration Kit	UZ-8	394.9968.02
19″ Rack Adapter	ZZA-12	079.0631.00

When ordering power sensors with 5-m connecting cable replace final figures .02 by .03.

[1] 1 hour after zeroing, ±1 °C; after warmup of 2 hours.
[2] Observation time 1 min, 2 standard deviations, temp. 18 to 28 °C.
[3] With untriggered measurements. No indication of intermediate values in the case of triggered measurements.
[4] Period between triggering and output of first byte.
[5] Noise power measured for filter 2, other values calculated.
[6] Frequency-response correction enabled; without frequency-response correction, the calibration factor for 50 MHz is assumed.

ROHDE&SCHWARZ GmbH & Co. KG. · D-8000 München 80 · Mühldorfstr. 15 · Tel. (089) 4129-0 · Telefax (089) 4129-2164 · Telex 523703
Printed in the Fed. Rep. of Germany · Subject to change · Data without tolerances: order of magnitude only
589 (B we)

2.1 Measurement Principle

The high-frequency sensor includes two zero-bias-Schottky diodes of latest technology and stable physical characteristics preceded by a 20-dB attenuator. In the power range from 50 nW to 1 mW (0 dBm), this detector behaves like a power meter with thermal head. The measured data are independent of the waveform and in the case of modulated signals, the average power is indicated. In older power meters using diodes, the upper limit of the measurement range is determined at the same time. With the power sensors of the NRV family, the non-linear detector characteristic between 1 mW (0 dBm) and 500 mW (+27 dBm) can now be linearized.

The respective parameters are included in a set of calibration data which are determined for each individual sensor during production and then stored in the pertaining data memory. Although in the extended measurement range - particularly near the upper limit - peak instead of rms weighting is carried out to an increasing extent, RF power measurements can be made with full accuracy provided that a few rules are observed. The spectrum of the RF signal should be pure (low content of harmonics and spurious responses) and, in the case of average-power measurements, it should not be amplitude-modulated. Above 1.5 GHz, an additional error caused by the signal-level-dependent junction capacitance must be taken into account (see Specifications).

In addition to the above-mentioned linearity characteristics, the sensor-specific data memory holds temperature correction values and calibration factors for frequency response correction. While temperature compensation is automatic due to cyclic temperature measurements in the sensor, the test frequency must be entered (via keyboard or IEC bus) if the respective calibration factors are to be taken into account.

2.2 Readout and Reference Impedance (see also section 2.3.5 of NRV manual)

The measured data can be read out as absolute value in W, **dBm and V, dBV** or relative to a stored reference value or to the value measured in the second channel. Conversion between the first two units and the voltage is made via the reference impedance Z_0:

$$\text{Voltage/N} = \sqrt{\text{power/W} \times \text{reference impedance/}\Omega} \qquad (2\text{-}1)$$

The 50-Ω reference impedance of the NRV-Z5 is stored when the data memory is read into the basic unit. The value is indicated when the **RLC INP** key is pressed or written into the output buffer with IEC-bus command **Z1** (see also sections 2.3.5.6 and 2.4.3.2 of NRV manual). It must be emphasized that the reference impedance is the nominal value of the terminating impedance of the sensor and not the true value of the impedance. Therefore, the displayed voltage is not the voltage at the sensor but the rms value of a wave the power of which is measured in a 50-Ω system.

2.3 Measurement Speed and Noise

With older power meters, there is often a relationship between measured power and bandwidth; the smaller the power the narrower the bandwidth. This certainly reduces the noise, but extends the settling time and consequently the useful measurement speed. This relation is extremely useful in manual operation but a disadvantage with remote control. Even in cases where higher noise levels have no effect, the measurement cannot be speeded up. In addition, the user has to determine the required waiting times in order to obtain settled test results.

A different concept has been chosen for the NRV. The user is able to select one of six filters via keyboard or IEC bus (see also sections 2.3.8, 2.3.10, 2.4.3.1 and 2.4.3.2 of NRV manual). Measurement speed and noise for each setting are indicated in the Specifications.

The response times for remote control via IEC bus specified for triggered measurements represent the period between the actual triggering and the output of the first byte. Since internal settling times have already been taken into account, settled measurement results are obtained provided that the test signal is not varied after triggering. To make sure that the response of the instrument in the LOCAL mode is not too slow - particularly when switching from FØ to F2 - intermediate results are displayed. For instance, if filter FØ has been selected in LOCAL operation, a new parameter is indicated every second; in the case of a sudden variation of the test signal, the final result is only indicated after about 15 s. The display noise is halved or doubled between two filter settings. In practice it has proved useful to select either **F2** or **F4** with the **FILTER** key (FILTER key illuminated).

In the case of two-channel measurements, the filter can be selected separately for each channel. Since the individual measurements are stacked, the total measurement time is shorter than the sum of the individual measurement times. For instance, with single-channel measurement, the exact measurement time is 0.92 s, and 1.65 s in the case of two-channel measurements.

Since it often happens that low level is measured in one channel only (requiring low display noise), it will be sufficient to use F2 in this channel and, for instance, select F4 in the second. In this case, the total measurement time is 1.00 s.

Table 2-1 shows permissible filter settings for a display noise error of max. 1% (2 standard deviations - see also section 3.5).

Table 2-1 Filter settings for an error of 1% caused b display noise

	200 nW	400 nW	0.8 µW	1.6 µW	3.2 µW	10 µW	500 mW
FØ	x	x	x	x	x	x	
F1		x	x	x	x	x	
F2			x	x	x	x	
F3				x	x	x	
F4					x	x	
F5						x	

2.4 Zeroing (see also section 2.3.4 of NRV manual)

In addition to the noise, an additive offset of positive or negative polarity may falsify the test result when small powers are measured. This error may be caused for instance by thermal voltages or by switching offsets in the NRV. Under normal conditions, this error will not exceed ±50 nW so that an adjustment is superfluous with powers above 5 to 50 µW. Zeroing is initiated by pressing the **ZERO** key or via IEC bus command O1. With filter settings F1 to F5, about 4 s are required for the adjustment and 15 s for FØ. During zeroing, four points light in the display, then **the ZERO** key lights. The remaining offset must not exceed ±5 nW or ±2.5 nW with FØ. By pressing the **ZERO** key once again or with IEC-bus command OØ, the offset adjustment can be cancelled. Basically an offset adjustment can be triggered any time, but for reliable adjustment it is advisable to first warm up the basic unit for at least one hour with the sensor connected for a minimum of half an hour. In addition, please note:

Disconnect sensor from the signal source and switch off the RF power!

Zeroing not immediately after measuring higher powers!

Do not move the sensor connecting cable during zeroing!

2.5 Selection of Measurement Range (see also section 2.3.7 of NRV manual)

Generally, it is advisable to use autoranging (**AUTO** key illuminated). However, in some applications it might be better to keep the set measurement range (via keyboard only, **AUTO** key) or to select a range as required.

Range setting via keyboard with the **UP** ↑ and **DOWN** ↓ keys; in the case of remote control with IEC-bus commands RG1 to RG3.

The NRV uses 20-dB steps for range setting (see also Table 2-2). With range selection or holding via keyboard, the new measurement range (as shown in Table 2-2) is briefly indicated in the display. The indicated value corresponds to the voltage pertaining to the nominal power of the selected range according to formula (2-1).

Table 2-2 Measurement ranges

Nominal range	200 µW	20 mW	2 W
Display range	50 nW to 290 µW	200 µW to 29 mW	20 to 550 mW
IEC-bus command	RG1	RG2	RG3
Display with range selection via keyboard	100×10^{-3}	1	10

2.6 Frequency-response Correction

For each NRV sensor, the ratio between displayed and applied power - the so-called calibration factor - is determined during production at a great number of calibration frequencies (see Specifications). These factors are stored in the data memory of the sensor and read in by the basic unit during initialization. Consideration of calibration factors is troublesome with all competitive instruments: the values must be read from a diagram, i.e. additional interpolation is required. Then the value is set with a rotary knob on the basic unit or entered numerically. With the NRV, one merely needs to enter the test frequency via keyboard or IEC bus (see also sections 2.3.5.4, 2.3.9.1 and 2.4.3 of NRV manual) **and** to switch on the frequency response correction with **the FRQ CORR** key or the IEC-bus command **KF1.**

The NRV then finds the corresponding calibration factors and interpolates linearly between two values if the entered frequency is between two calibration frequencies. In the event that a test frequency has been entered which is outside the calibration frequencies, the calibration factor pertaining to the respective limit frequency will be considered. No extrapolation will be made.

In all cases where frequency response correction is switched off (by pressing the **FRQ CORR** key or via IEC-bus command **KFØ** - key illumination goes out), the instrument automatically uses the calibration factor at **50 MHz.** Thus measurements up to about 1 GHz can be carried out with a relatively small additional error. This error is not specified in the data sheet.

2.7 PEAK(PEP) Measurements

With the NRV sensors, the peak power can be measured provided that no fast pulses are present. After pressing the **PEAK(PEP)** key or selecting IEC-bus command **E1** (PEAK(PEP) key illuminated), the NRV indicates the maximum power of a modulated signal. In the case of an unmodulated RF, there is no difference to the normal measurement - beside the noise at very low powers. The monitoring interval of the crest-value meter in the NRV can be switched together with the filter setting so that, particularly with FØ to F3 signals of very low pulse repetition rate can be measured (see PEP measurement in the Specifications).

With pulse-modulated RF (see Fig. 2-1), the permissible pulse width may be within about 200 µs and CW. The filter effect of the rectifiers in the sensors and the limited bandwidth of the DC amplifier in the NRV cause an additional error particularly in the case of narrow pulses (see Fig. 2-2). The values in the diagram apply to $t_p << T$, i.e. an RF pulse of 200 µs can be measured with fair accuracy even if the pulse occurs only at every 20 s (filter FØ)! In the case of higher powers and high pulse rate (T/2 = approx. t_p), the occurring errors are always smaller than specified in Fig. 2-2 (peak-weighting of detector, see section 3.6). Thus it causes no problems to measure signals with a pulse width far below 200 µs.

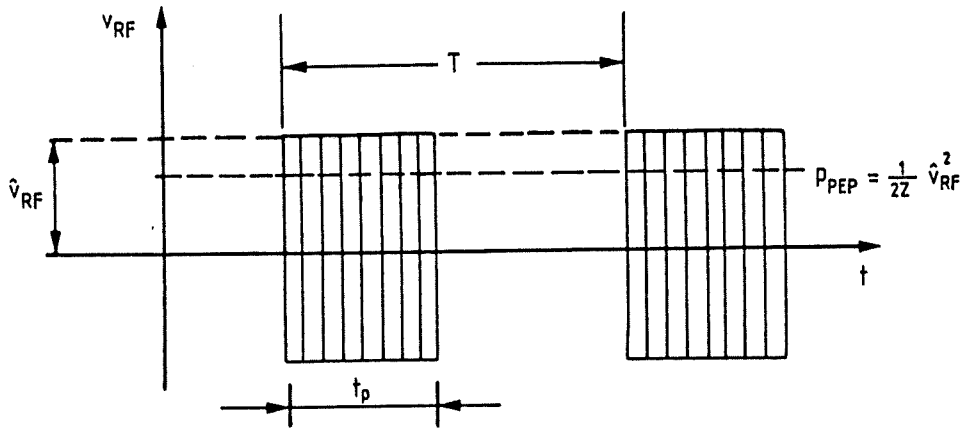


Fig. 2-1 Pulse-modulated RF voltage

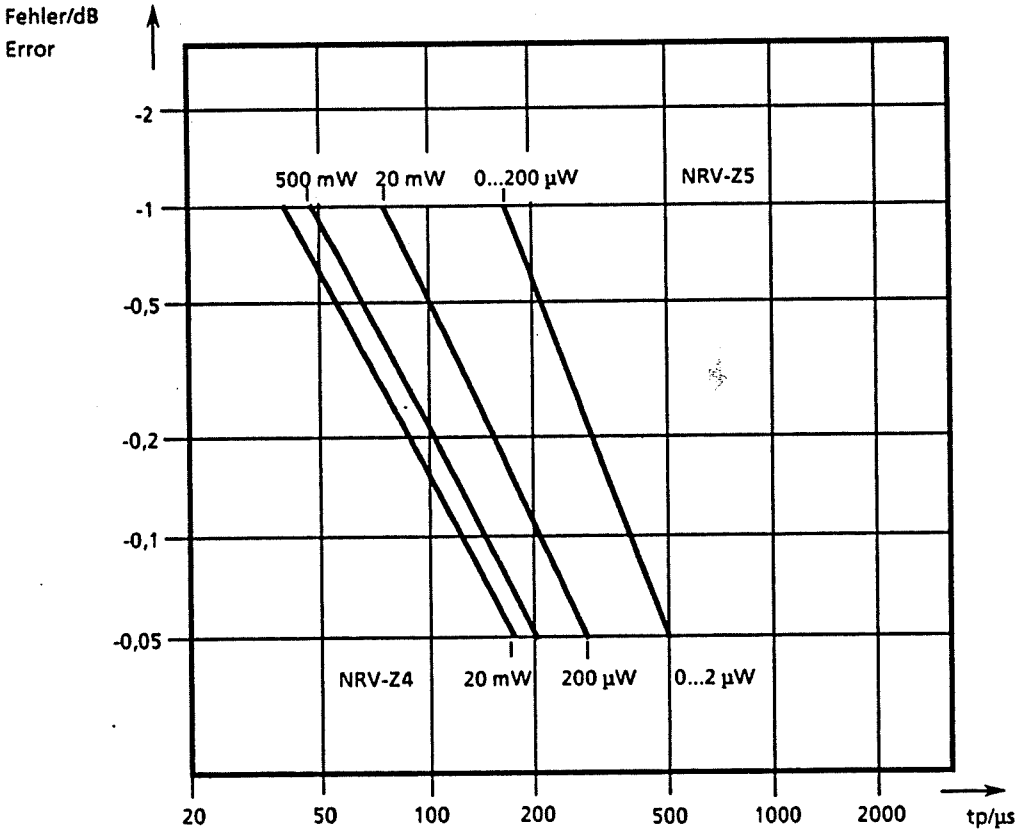


Fig. 2-2 Typ. weighting error with PEAK(PEP) measurements of pulse-modulated RF at various displayed values

3 Error Analysis

3.1 Matching Error

In this section, attention is drawn to an error which is normally ignored because it cannot be stated in the specifications. It is caused by mismatch of power meter and source - which is generally the case in normal practice - and may reach the magnitude of the specified errors. In order to clarify this effect, the behaviour of an ideal power meter (see Fig. 3-1) will be examined.

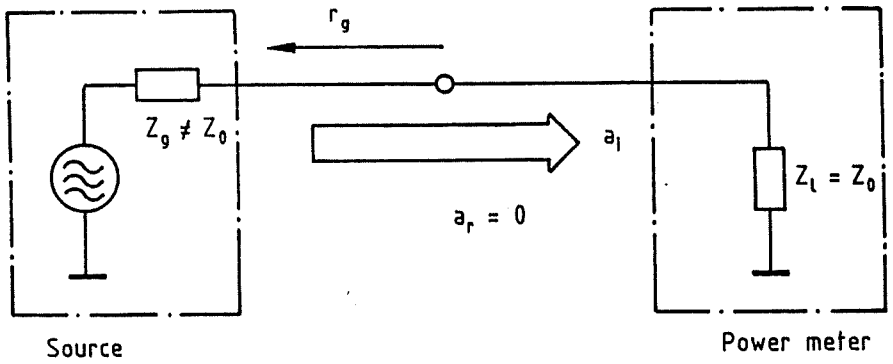


Fig. 3-1 Power measurement with matched power meter

The wave a_i from the generator applied to the line with a reference impedance Z_0 is absorbed reflection-free by the power meter whose impedance Z_l fully matches the reference impedance. **The power meter measures the power the source is able to supply to a load with Z_0.** It must be emphasized that this is not the maximum available power that can be delivered in the case of conjugated complex load matching.

Fig. 3-2 shows a case commonly met in practice where part of the applied power is reflected by the power meter.

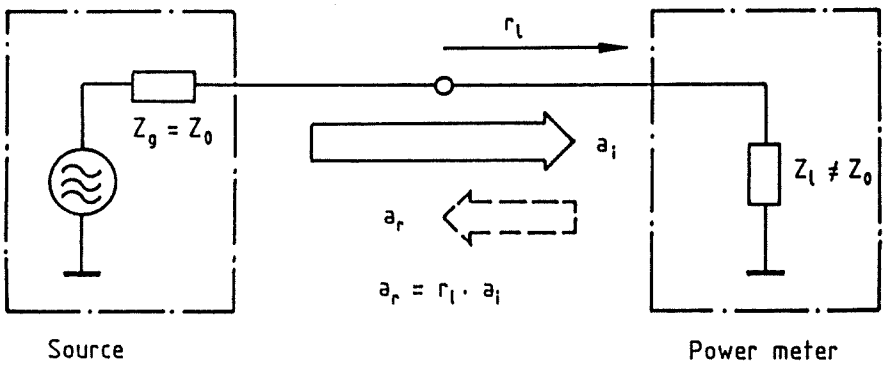


Fig. 3-2 Power measurement with matched source

Suppose that in this special case the generator is matched and the reflected wave is completely absorbed by the source. It is obvious that not the full power the generator could deliver to a matched load is absorbed by the power meter. This measurement error - the so-called **mismatch loss** - may be considered when calibrating the power meter so that it becomes irrelevant to the user.

A realistic case of power measurement with mismatch at both ends is shown in Fig. 3-3.

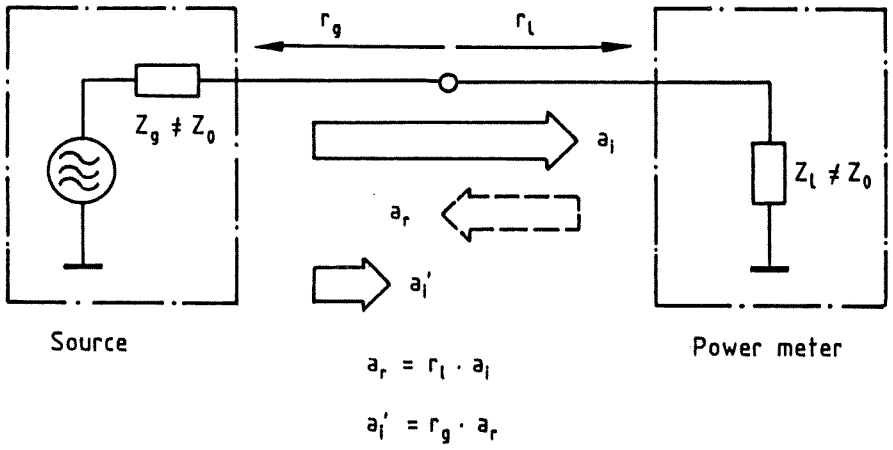


Fig. 3-3 Power measurement with mismatch at both ends

Because of a second reflection - at the generator end - the wave a_i' is added to the wave a_r reflected by the power meter. It is superimposed to the incident wave a_i whose intensity is increased, reduced or unaffected depending on the phase position. Since generally the phase of the wave reflected by power meter and source is unknown, the error caused by multiple reflection cannot be specified. However, it is possible to calculate the maximum possible error, the so-called mismatch uncertainty M_u. Without derivation, the following formula is given:

$$M_u/\% = 100 \left\{ \frac{1}{(1 \pm r_g\, r_l)^2} - 1 \right\} \qquad (3\text{-}1)$$

The following approximation is possible:
$M_u/\% \approx \pm 200\, r_g\, r_l$

An example in practical application:

Generator: $r_g = 0.20$ (SWR 1.50)

Power meter: $r_1 = 0.05$ (SWR 1.11)

$M_u = \pm 2.0\%$

This means that in addition to all other errors the user must take an uncertainty of ±2% into account. Supposing the source is already available, the matching error can only be influenced if a low-reflection power sensor is used.

3.2 Error Limits of Calibration Factor

Each NRV power sensor is measured during production at a variety of calibration frequencies (see Specifications: **Error limits of calibration factor**); the measured power is compared to the reference power from the calibration system and the ratio between the two values is stored in the form of a **calibration factor.** Whenever use is made of frequency-response correction, the measured data are first multiplied with the calibration factor pertaining to the frequency. To this end, a linear interpolation is carried out between two calibration frequencies. With instruments of other make, the calibration factor **(Cal factor)** must be taken from a diagram and then set on the instrument or entered.

There are certain inaccuracies when determining the calibration factor in production, caused by the calibration system and by mismatch. R&S specifies in the technical data a maximum error **(worst case uncertainty)** and the RSS [1]) error **(RSS uncertainty)** at the individual calibration frequencies for specific frequency ranges. The maximum error is the algebraic sum of all maximum error values. The RSS error is determined by adding the squares of the individual errors and then taking the square root (see section 3.9: Maximum and RSS Error). While the maximum error allows a fairly conservative error estimate, the RSS error informs on the size of the error to be expected in practice.

All calibration facilities used during production of the NRV sensors are directly derived from the respective national primary standards (PTB, NBS).

The calibration factors are determined at various powers depending on the individual sensor (see Table 3-1).

Table 3-1 Measured power for determining the calibration factor

NRV sensor	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Measured power	12.6 µW	1 mW	26.8 µW	10 µW	1 mW

[1]) RSS: Root sum of the squares

3.3 Linearity Error

With an ideal power meter, the relation

$$P_{dis} = K_b \times P_{inc} \qquad (3\text{-}2)$$

applies at a certain frequency over the entire dynamic range between the displayed power P_{dis} [1]) and the power of the incoming wave P_{inc}. K_b is the calibration factor; matching errors are ignored. With real-power meters, this formula only applies at the calibration point (see Fig. 3-4). Towards lower and particularly higher powers, deviations from these physical characteristics may occur, the linearity error E_l:

$$E_{lin}/\% = 100 \ \{P_{dis}/(K_b P_{inc}) - 1\} \qquad (3\text{-}3)$$

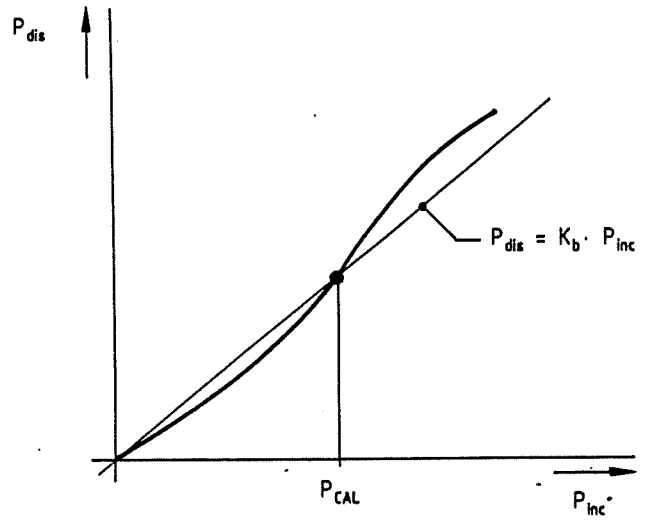


Fig. 3-4 Linearity error

The linearity error may be added to the previously mentioned errors without further conversion. R&S specifies the linearity error for a calibration temperature 23 ± 1°C at 50 MHz. With 0.3 to 0.4%, this error is relatively small compared to that of competitive equipment which have no facility for individual linearization of the sensor.

For the two power sensors NRV-Z1/-Z2 (-Z4/-Z5) the specified linearity error applies for a frequency up to 4(1.5) GHz. For higher powers (>20 µW for NRV-Z1/-Z4, >2 mW for NRV-Z2/-Z5) an additional error caused by the power-dependent junction capacitance of the detector may occur. The error increases with increasing frequency and power to be measured. Therefore the specified data must only be expected at the upper limits of the respective intervals. Fig. 3-5 shows the power and frequency-dependent measured reaction of NRV-Z1/-Z2. The error always has a positive sign, i.e. it increases the displayed power.

[1]) Without frequency-response correction

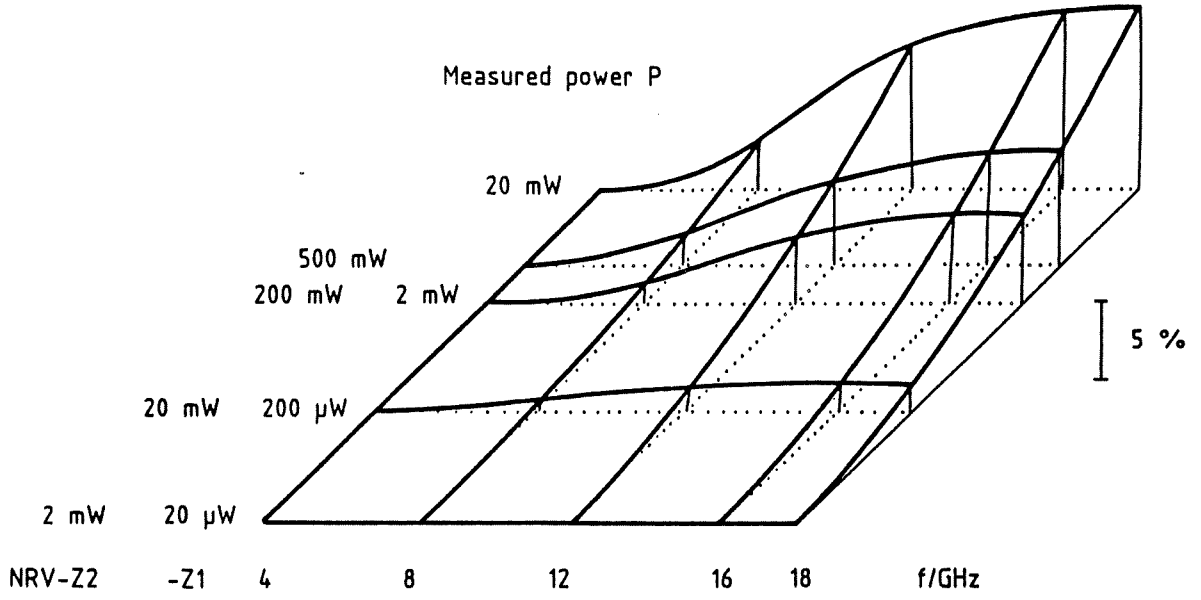


Fig. 3-5 Frequency-dependent additional error

3.4 Zero Error

The zero error is a residual error after zeroing causing an additive (power) offset which is almost invariable with time and only slightly influenced by the ambient temperature as long as no sudden temperature changes occur. In the R&S specifications, the zero error is a maximum error that may occur within one hour after zeroing, changes in ambient temperature of ±1 °C being permissible.

If zeroing is carried out while filter FØ is selected, half the value may be expected for a brief period of time (see section 2.4).

3.5 Display Noise

Since this is a random noise, no maximum values can be specified. For this reason, R&S specifies a value which is twice the standard deviation. Consequently it can be assumed with a 95% certainty that the measured value will not deviate from the indicated average power by more than this amount. The measurement is carried out with filter setting F2 for about 1 min. (64 measured values, trigger mode X4). The standard deviation s may then be calculated according to the formula

$$s = 1/8 \sqrt{\sum_{i=1}^{64} (P_i - \overline{P})^2} \qquad (3\text{-}4)$$

P_i = individual measurement

$\overline{P}$ = average value of 64 individual measurements

Like the zero error, the display noise is an additive quantity independent from the measured power.

3.6 Weighting Error

An ideal power meter displays the true power of the input signal independent of the waveform. Although no sawtooth or squarewave voltages are measured at high frequencies, distorted sinewave signals comprising harmonics or even spurious resonances must be expected. In this case, the microwave power meter is ideal. It measures the total power i.e. the sum of the individual powers measured at the various frequencies. Even if only the power of the fundamental is of interest, the error caused by unwanted components is low considering that a noise signal of -26 dBc increases the power indication by only 0.25%.

The behaviour of sensors with diodes such as NRV-Z1 to Z5 is less ideal over the entire dynamic range. While small powers are measured with true rms values (as in the microwave power meter), peak weighting of the input signal is carried out to an increasing extent towards the upper range limit. Under unfavourable conditions, an interfering signal of -26 dBc may cause an error of ±10% in power indication.

Table 3-2 shows limits for the power ranges in which powers are measured with true rms values or in which weighting errors must be expected.

Table 3-2 Weighting

Sensor	Rms weighting	Weighting error possible	k
-Z1/-Z4	1 nW to 10 µW	10 µW to 20 mW	1.0
-Z2/-Z5	100 nW to 1 mW	1 mW to 500 mW	0.01
-Z3	400 pW to 7 µW	7 µW to 13 mW	1.5

With the aid of formula (3-5), the error caused by one single noise component can be assessed.

$$E_W/\% = \frac{200}{1 + 200\ \mu W/kP} \times 10^{S/20\ dB} \qquad (3\text{-}5)$$

E_W: Error of power indication

P: Measured power

k: see Table 3-2

S: S/N ratio in dB

Example: Measurement with NRV-Z2, P = 100 mW, S = -32 dBc

Result obtained with formula (3-5): E_W = **±4.2%**

Formula (3-5) applies very exactly to the error at the 3-fold fundamental frequency (3rd harmonic). For the 2nd harmonic, the resulting error is somewhat greater; for all higher harmonics, the errors are smaller than calculated with formula 3-5.

In the case of power sensors NRV-Z3...Z5, the even harmonics of low order (double, 4-fold, 6-fold fundamental frequency) produce negligibly small weighting errors because of the full-wave rectification used.

3.7 Error of Basic Unit

The analog section of the NRV mainly consists of highly accurate DC amplifiers and a high-resolution A/D converter. The specified error is caused by the drift of the gain ratios (time, temperature) and like all other errors it is referred to the measured value. Since normally the typical error is even smaller, the error caused by the basic unit may be neglected in comparison to the other uncertainties of measurement.

3.8 Temperature Effect

Outside the range from 18 to 28 °C, an additional error may occur in the basic unit (maximum error specified).

Without correction, the sensors have a very high temperature coefficient that lies between -0.3 and -0.5%/°C. With the aid of cyclic temperature measurements in the sensor and a correction software based on a diode model matched to the specific sensor, the residual error can be reduced to typically 0.07%/°C. The typical errors to be expected in various frequency ranges and guaranteed maximum values are given in the Specifications.

3.9 Maximum and RSS Error

Specifying errors for a specific test setup is basically a matter of trustworthiness. Error calculation is simple if only a few parameters are concerned, but in the case of measurements involving a large number of error sources, the discrepancy between the maximum calculated error and the error actually incurred will become evident.

For this reason, two errors are usually stated when making power measurements: the maximum error E_{max} as sum of all individual maximum errors $(E_{max})_i$ (see formula (3-6)) and the so-called E_{RSS}, a more practice-oriented error (formula (3-7)).

$$E_{max} = \sum_{i=1}^{N} (E_{max})_i \qquad (3\text{-}6)$$

$$E_{RSS} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (E_{RSS})_i^2} \qquad (3\text{-}7)$$

The RSS value is the square root from the sum of squares of the individual RSS errors $(E_{RSS})_i$. If only the maximum value is available for one of the error components, it should be inserted in the formula (this will generally be the case). It must however be noted, that only **average-free** error components may be used in RSS calculations; i.e. an error of for instance +0.8% must be as probable as an error of -0.8%. This can be assumed for all error components except for the frequency-dependent additional error described in section 3.3. How can this frequency-dependent additional error be considered in the RSS calculation? First determine the RSS value from all other components and then add the mentioned error.

Example:

$(E_{max})_1 = \pm 2.8\%$ $(E_{max})_2 = \pm 2.5\%$ $(E_{max})_3 = \pm 1.5\%$

$(E_{RSS})_1 = \pm 1.6\%$

Suppose the frequency dependent additional error
$(E_{max})_4 = +3.0\%$

$E_{max} = -3.8/+9.8\%$ $E_{RSS} = -0.3/+6.3\%$

The definition of the RSS value, which seems at first arbitrary, is based on a known law of the probability calculus: with a total error representing the sum of several individual errors, the sum error approaches the Gaussian distribution as the number of error components increases. The standard deviation of the sum error equals the square root of the sum of squares for the individual standard deviations. This is fairly accurately in agreement with the law for the RSS value with the only difference that the RSS or maximum value is used instead of the standard deviation. Depending on the distribution function of the individual errors, the RSS value corresponds to 2 to 3 standard deviations; this also applies to the result obtained.

Consequently:

The RSS value of a sum of individual errors can be regarded as the error which is not exceeded in 95% of all measured data.

3.10 A Practical Example of Error Analysis

Given quantities:

Generator $r_g = 0.15$ (SWR 1.35)
$P = 10\ \mu W/12\ GHz$

Power meter NRV-Z2, filter F4 $T_a = 24\ ^\circ C$

The individual errors have been taken from the NRV/NRV-Z2 specifications.

Error source	Manual	Component (E_{max})		Component (E_{RSS})
		%	dB	%
Matching $r_g = 0.15$ $r_l = 0.07$	Formula (3-1)	±2.1	-0.0927 +0.0907	±2.1
Cal factor ±5.4% (±2.8%)	Section 3.2	±5.4	-0.2284 +0.2411	±2.8
Linearity	Section 3.3	±0.3	-0.0130 +0.0130	±0.3
Zero point ±10 nW	Section 3.4	±0.1	-0.0043 +0.0043	±0.1
Noise 64 nW	Section 3.5	±0.6	-0.0279 +0.0277	±0.6
Basic unit	Section 3.7	±0.3	-0.0130 +0.0130	±0.3
Weighting	Section 3.6	±0.0	-0.0000 +0.0000	±0.0
Temperature	Section 3.8	±0.0	-0.0000 +0.0000	±0.0
Total error		**±8.8**	**-0.3793 +0.3898**	**±3.6**

If the total error in dB is converted into the corresponding error in %, the result is -8.4/+9.4%. The difference to the specified value of ±8.8% is due to the fact that, strictly speaking, formula (3-6) is only an approximation of the sum of **relative errors.**

3.11 List of Symbols Used

a_i [1]	Incident wave with matched generator
a_i' [1]	Component of incident wave resulting from multiple reflection
a_r [1]	Reflected wave
E_{lin}	Linearity error
E_w	Weighting error (only with power measurement with semiconductor diodes)
E_{max}	Maximum value of total error
E_{RSS}	RSS value of total error
f	Frequency
i	Index for identification of an individual measurement or an error component
k	Scaling factor (formula 3-5)
K_b	Calibration factor
M_u	Mismatch uncertainty
P	Power, general
P_{dis}	Displayed power
P_{inc}	Power of incident wave
P_{PEP}	Max. peak envelope power
$\overline{P}$	Average value of several power measurements
r_g	Reflection coefficient of generator
r_l	Reflection coefficient of load

[1] The wave magnitudes a_i, a_i', and a_r are complex pointers for representation of the wave propagation referred to magnitude and phase (network analysis with s-parameters). The following relation exists between a wave a and the power P transported by a:

$$/a/ = \sqrt{P}$$

s	Standard deviation of display noise
S	S/N ratio
T	Period
t_p	Pulse width
T_U	Ambient temperature
u_{HF}	RF voltage, instantaneous value
$\hat{u}_{HF}$	RF voltage, peak value
Z_g	(Internal) impedance of generator
Z_l	Impedance of load
Z_0	Reference impedance (real)

4 Checking the Rated Characteristics

Power and reflection measurements in the frequency range up to 18 GHz require experience and special care because of the manifold error sources.

For this reason, the guaranteed characteristics should only be measured by the respective calibration or service shops of Rohde & Schwarz where suitable test setups are available for such measurements. If the user still wishes to carry out these measurements on his own, he should in any case be well aware of the measurement uncertainties of the chosen test setup. A careful study of section 3 is recommended in this case.

5 Maintenance and Service

The NRV sensors require no maintenance and offer stable electrical characteristics. A yearly check will be sufficient (section 4).

Defective probes or those out of tolerances must be returned to the manufacturer for repair/calibration.

At present, only the manufacturer is able to enter the calibration parameters into the data memory.

The date of the last calibration can be output using the special command SP (see NRV manual, section 2.4.3).

ROHDE&SCHWARZ

Liste mechanischer Teile

List of mechanical parts

Bilder zur Liste mechanischer Teile

Figures pertaining to list of mechanical parts

R 44830

Liste zu Bild 5-1

List for Fig. 5-1

Lfd. Nr. No.	Kenn-zeichen Unit/ Comp.No	Stück-zahl Qty	Benennung/Beschreibung Designation	Sachnummer Stock No.
1	W1	1	DX Kabel Cable (VAR/MOD 02) DX Kabel, 5 m lang Cable, 5 m length (VAR/MOD 03)	828.3476.02 828.3476.05
2		1	ED Datenspeicher Data memory	395.2915.02
3		1	Unterteil, metallisiert Bottom plate, metal-coated	395.0612
4		1	Oberteil, metallisiert Top plate, metal-coated	395.0635
5		1	VS M 2x10 DIN 7985 A4	VS 081.8942
6		1	VS M2 DIN 934 A4	VS 061.5225
7		4	VS M 2x6 DIN 7985 A4	VS 081.8920
8		1	MZ Kontaktfeder Contact spring	395.0658
10		1	MZ Deckel Cover plate	358.2321
11		4	VS M 2x5 DIN 7985 A4	VS 088.3123
12		1	MP Tastkopfschale, oben Probe casing, top	238.2883
13		1	MP Tastkopfschale, unten Probe casing, bottom	238.2890
14		1	OS Schild, mit SER-Nr. Label with serial number VAR/MOD 02 VAR/MOD 03	828.3682 828.3699

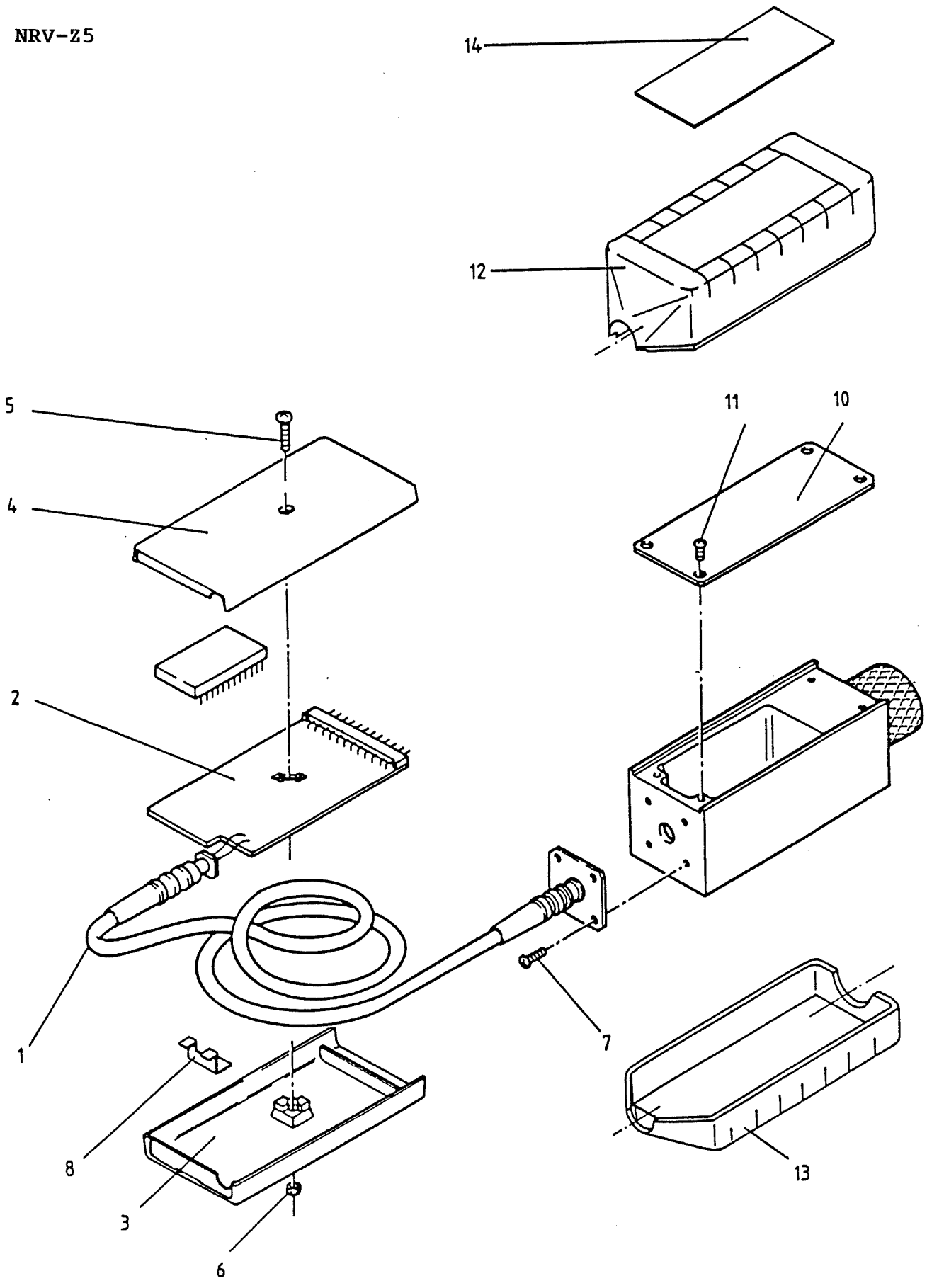


Bild 5 - 1
Fig. 5 - 1

ROHDE&SCHWARZ

Schaltteillisten
Stromläufe
Bestückungspläne

Part lists
Circuit diagrams
Components plans

Listes des pièces détachées
Schémas de Circuit
Plans des composants

(R 29500 Bl 2)
095.1000 Bl. 2

Kennz. Comp.No.	Benennung Designation		Sachnummer Stock No.	Hersteller Manufacturer	Bezeichnung Designation	enthalten in contained in
.	VARIANTENERKL. / VERSIONS VAR 02 = GRUNDAUSFUEHRUNG MOD 02 = BASIC MODEL VAR 03 =MIT ANSCHLUSSKABEL 5M LANG MOD 03 =WITH CONNECTING CABLE, 5M LENGTHS					
..	ZUGEH.STROML./CIRC.DIAGR. 828.3818 S					
A1	BD DETEKT.50/6GHZ TYPE G		828.3647			
A2	FJ DAEMPFUNGSGLIED 20DB N ATTENUATOR N 20DB		395.2344	SUHNER	R&S-ZCHNG.395.2344	
C3	CC 100NF+-10%50V X7R 1206 CERAMIC CHIP CAPACITOR NUR VAR/ONLY MOD: 23	CC	007.5237	VITRAMON	VJ1206 Y 104 K FAT	395.1319.01
C4	CC 1NF+-1% 50V NPO 1206 CERAMIC CHIP CAPACITOR	CC	007.7398	VITRAMON	VJ1206 A 102 F FAT	395.1319.01
C10	CC 100NF+-10% 50V5K1200 C CAPACITOR		082.3473	VITRAMON	VJ1812Y104KFA	395.2915.01
D10	BL MM74HC393N 2X4B.B.CTR DUAL 4-BIT BINARY COUNTER NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	BL	395.2950	NSC	MM74HC393N	395.2915.01
D10	BL MM74HC393N 2X4B.B.CTR DUAL 4-BIT BINARY COUNTER NUR VAR/ONLY MOD: 04	BL	395.2950	NSC	MM74HC393N	395.2915.01
D11	BL MM74HC393N 2X4B.B.CTR DUAL 4-BIT BINARY COUNTER NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	BL	395.2950	NSC	MM74HC393N	395.2915.01
D11	BL MM74HC393N 2X4B.B.CTR DUAL 4-BIT BINARY COUNTER NUR VAR/ONLY MOD: 04	BL	395.2950	NSC	MM74HC393N	395.2915.01
D12	ZE E-PROM		828.3924			
D13	BL MM74HC151N 8CH.DIGMUX 8CHANNEL DIGITAL MUX NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	BL	395.2967	NSC	MM74HC151N	395.2915.01
D13	BL SN74LS151N MULTIPLEXER IC MULTIPLEXER SN74LS151N NUR VAR/ONLY MOD: 04		266.7963	TEXAS	SN74LS151N	395.2915.01
R1	RG 0-OHM WIDERSTAND-CHIP RESISTOR CHIP 0-OHM	RG	007.5108	DALE	CRCW1206-10 OR F-T	395.1319.01
R2	RG 0-OHM WIDERSTAND-CHIP RESISTOR CHIP 0-OHM	RG	007.5108	DALE	CRCW1206-10 OR F-T	395.1319.01
R3	RG 0-OHM WIDERSTAND-CHIP RESISTOR CHIP 0-OHM NUR VAR/ONLY MOD: 22	RG	007.5108	DALE	CRCW1206-10 OR F-T	395.1319.01
R3	RG 1,82KOHM+01%TK100 1206 RESISTOR CHIP NUR VAR/ONLY MOD: 23	RG	007.5720	DALE	CRCW1206-10 1K82 F-T	395.1319.01
R10	RL 0,21W 1,00KOHM+-1%TK50 RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	RL	092.1444	RESISTA	MK1 1K00 1% TK50	395.2915.01
R10	RL 0-OHM-WIDERST. 0204 0-OHM RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 04	RL	069.0000	DRALORIC	OMA 0204	395.2915.01
R11	RL 0,21W 1,00KOHM+-1%TK50 RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	RL	092.1444	RESISTA	MK1 1K00 1% TK50	395.2915.01
R11	RL 0,21W 10,0KOHM+-1%TK50 RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 04	RL	092.1567	RESISTA	MK1 10K0 1% TK50	395.2915.01
R12	RL 0,21W 1,00KOHM+-1%TK50 RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	RL	092.1444	RESISTA	MK1 1K00 1% TK50	395.2915.01
R12	RL 0,21W 10,0KOHM+-1%TK50 RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 04	RL	092.1567	RESISTA	MK1 10K0 1% TK50	395.2915.01
R13	RL 0,21W 1,00KOHM+-1%TK50 RESISTOR NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	RL	092.1444	RESISTA	MK1 1K00 1% TK50	395.2915.01
R14	RL 0-OHM-WIDERST. 0204 0-OHM RESISTOR	RL	069.0000	DRALORIC	OMA 0204	395.2915.01
V3	BJ LM335H TEMP.SENSOR PRECION TEMP.SENSOR		395.2867	NSC	LM335H	395.1319.01

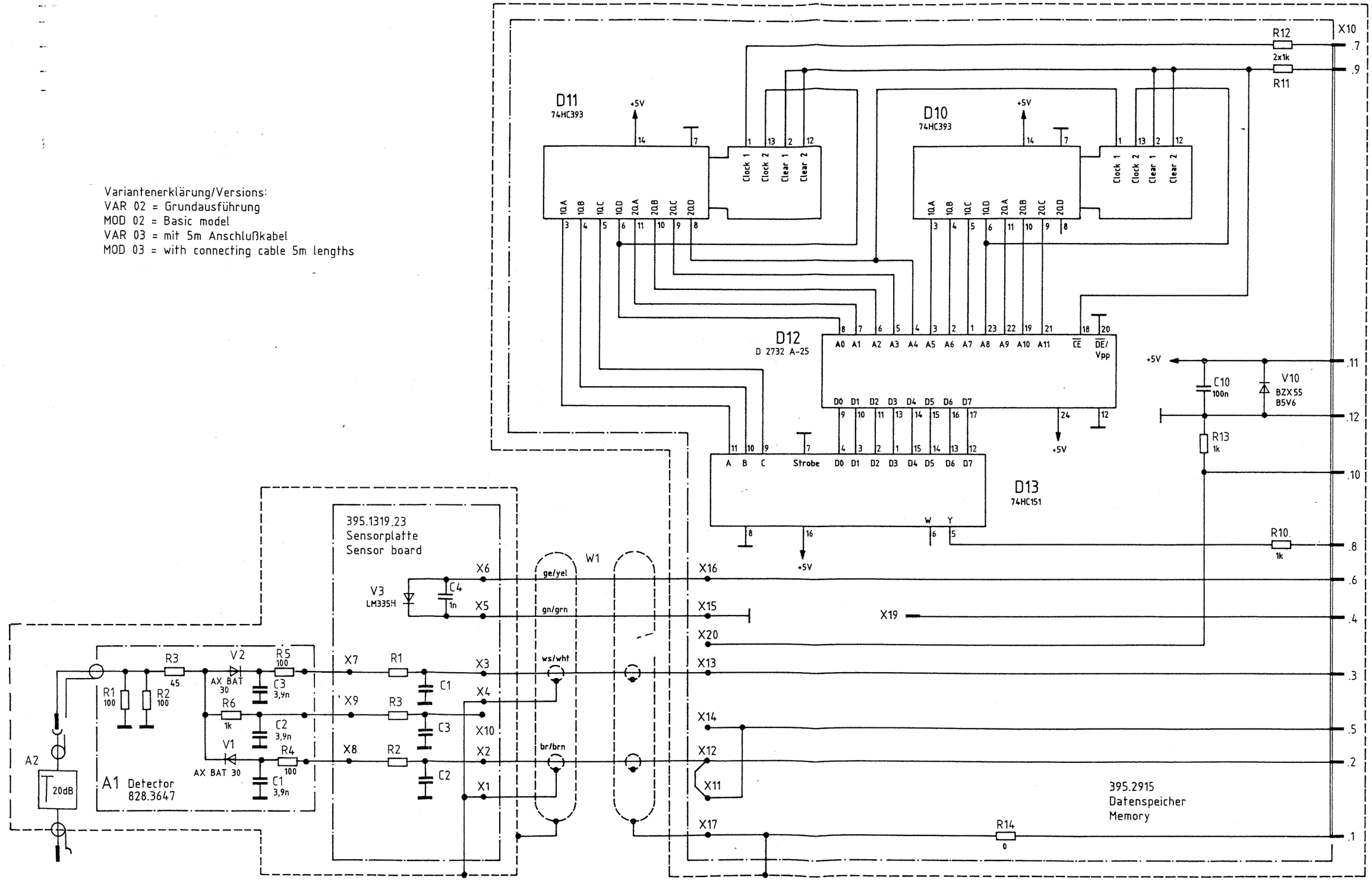
Für diese Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor

Kennz. Comp.No.	Benennung Designation	Sachnummer Stock No.	Hersteller Manufacturer	Bezeichnung Designation	enthalten in contained in
V10	AE BZX79/B5V6 0,5W ZDI ZENER DIODE NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	AE 012.5254	VALVO	BZX79/B5V6	395.2915.01
W1	DX KABEL CABLE NUR VAR/ONLY MOD: 02	395.1160			828.3060.01
W1	DX KABEL,5M LANG NUR VAR/ONLY MOD: 04	395.1154			828.3060.01
W1	DX KABEL 0,23M LANG NUR VAR/ONLY MOD: 06	828.3053			828.3060.01
W1	DX KABEL NUR VAR/ONLY MOD: 22 23	828.3476.02			828.3060.01
W1	DX KABEL NUR VAR/ONLY MOD: 44 46	828.3476.05			828.3060.01
X1 ..8	VL STECKLOETOESE 7,5X1,1 PLUG-IN SOLDERING LUG	VL 078.2747	-	R&S-ZCHNG.078.2747	395.1319.01
X9	VL STECKLOETOESE 7,5X1,1 PLUG-IN SOLDERING LUG NUR VAR/ONLY MOD: 22 23	VL 078.2747	-	R&S-ZCHNG.078.2747	395.1319.01
X10	VL STECKLOETOESE 7,5X1,1 PLUG-IN SOLDERING LUG NUR VAR/ONLY MOD: 22 23	VL 078.2747	-	R&S-ZCHNG.078.2747	395.1319.01
X10	FP WINK.STECKERLEISTE 12P CONNECTOR NUR VAR/ONLY MOD: 02 03 04	516.0200	BINDER	R&S.ZCHNG.516.0200	395.2915.01
X11	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 02 03	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X12	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 02 04	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X13	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 02 04	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X14	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 04	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X15	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 02	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X16	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 02 04	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X17	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X18	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 04	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
X19	FP WINKELSTECKERLEIST.36P ANGLE PIN CONNECTOR NUR VAR/ONLY MOD: 03 1-POLIG/1 PIN	FP 243.3578	BINDER	742-5-11-0187-00-36	395.2915.01
X20	VL LOETOESE 6,9 X 0,9 SOLDERING PIN NUR VAR/ONLY MOD: 04	VL 082.5253	DYTRONA	ZEICHNUNG 082.5253	395.2915.01
					- ENDE -

Für diese Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor

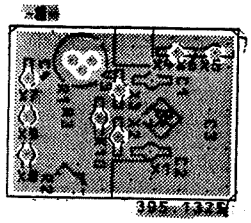
Variantenerklärung/Versions:
VAR 02 = Grundausführung
MOD 02 = Basic model
VAR 03 = mit 5m Anschlußkabel
MOD 03 = with connecting cable 5m lengths

Für diese Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor.

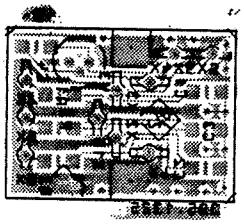


ROHDE&SCHWARZ	A	41355	11.88	Li					1KGU	Tag	Name	Benennung	NRV-Z5 Leistungsmeßkopf 50 Ohm Power Sensor 50 Ohm		Zeichn.-Nr	828.3818.01 S	Blatt-Nr 1
	B	42157	02.90	Li					Bearb	07.88	Li						v 1 Bl
									Gepr				zu Gerat NRV-Z5		reg. V 828.3818 V	erste Z	
	And. Zust.	Anderungs-Mitteilung	Datum	Name	And. Zust.	Anderungs-Mitteilung	Datum	Name	Norm								

Ansicht und Leitungsführung Bauteilseite
View of tracks on component side



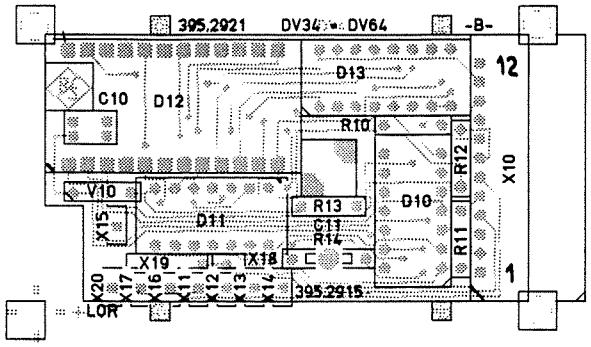
Ansicht und Leitungsführung Lötseite
View of tracks on solder side

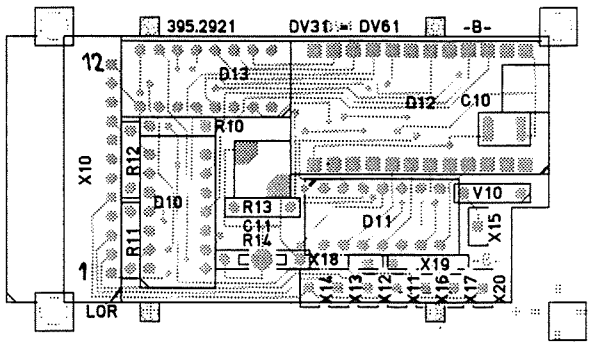


Für diese Unterlage behalten
wir uns alle Rechte vor

C 39963 (2) 06.88 Li	Maße ohne Toleranzangabe		Maßstab 1 : 1	
			Halbzeug, Werkstoff	
	1KGU	Tag / Name	Benennung	
	Bearb.	12.85 / Li	Sensorplatte Sensor board	Z
	Gepr			
	Norm			
	ROHDE&SCHWARZ		Zeichn.-Nr. 395.1319	Blatt-Nr 2 v Bl
And Zust / Änderungs-Mitteilung / Tag / Name	zu Gerät URV 5 - Z2		reg. i. V. 395.1019 V	erste Z. 395.1019

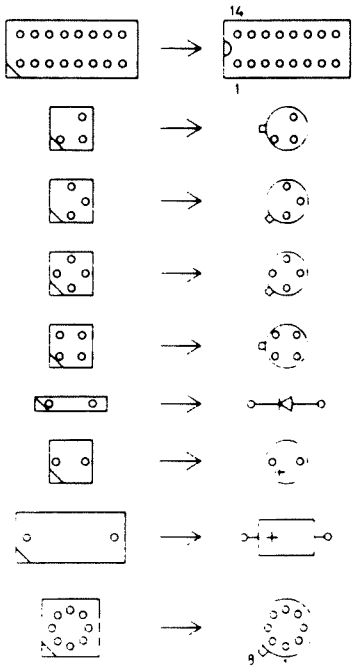
Ansicht und Leitungsführung Bauteilseite
View of tracks on component side





Ansicht und Leitungsführung Lötseite
View of tracks on solder side

Symbolschlussel



Achtung! MOS-Bauteile
Caution. MOS components

B		9.83	LI	Maße ohne Toleranzangabe	Maßstab 1 : 1
C	41367	1.89	Hi		Halbzeug, Werkstoff
				1KGU Tag Name	Benennung: Datenspeicher / Memory — Z
				Bearb 9.83 LI	
				Gepr	
				Norm	
				ROHDE&SCHWARZ	Zeichn.-Nr 395.2915 — Blatt-Nr 2
And Zust	Änderungs-Mitteilung	Tag	Name	zu Gerät URV5-Z7	Freig. V 395.2615V — erste Z 395.2680

Für diese Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor